

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

Институт Физики Высоких Технологий
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 - Химическая технология
 Кафедра Технологии Силикатов и Наноматериалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка стеклянных микросфер на основе стеклобоя

УДК 666.17.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Резвая Екатерина Александровна		15.04.2016

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина Ольга Викторовна	д.т.н.		06.06.16.

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		15.04.16.

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		25.05.2016.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТСН	Погребенков Валерий Матвеевич	д.т.н.		07.06.16.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК - 1, 2, 3, 19, 20), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК - 7, 11, 17, 18, ОК - 8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК - 1, 5, 8, 9, ОК - 2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии	Требования ФГОС (ПК - 11, 26, 27, 28), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК - 4, 21, 22, 23, 24, 25, ОК - 4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК - 6, 10, 12, 13, 14, 15, 16 ОК - 6, 13, 15), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК - 5, 9, 10, 11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4, 2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК - 1, 2, 7, 8, 12), Критерий 5 АИОР (2.6)
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностраным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК - 14), Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК - 3, 4), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

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

Институт Физики Высоких Технологий
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 - Химическая технология
 Кафедра Технологии Силикатов и Наноматериалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

М.С. Погорелов
 (Подпись) 25.03.16. (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Резвой Екатерине Александровне

Тема работы:

Разработка стеклянных микросфер на основе стеклобоя

Утверждена приказом директора (дата, номер)	23.03.2016, 2267/с
---	--------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Исходными данными к работе являются данные литературного обзора. Объект исследования: стеклянные микросферы на основе лампового стеклобоя марки СЛ-96. Процесс получения стеклянных микросфер производился на лабораторной установке с газовой горелкой.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Цель: установить возможность получения стеклянных микросфер на основе боя лампового стекла в лабораторных условиях по способу сферолизации в газовом факеле. Задачи: 1. Определить температурный режим получения стеклянных микросфер путем сферолизации частиц порошка стекла марки СЛ-96 в газовом факеле. 2. Определить основные физико-химические свойства полученных микросфер. 3. Изучить морфологические особенности и микроструктуры стеклянных микросфер.</p>

	4. Сделать сравнительный анализ свойств полученных и промышленных стеклянных микросфер.
--	---

Перечень графического материала

(с точным указанием обязательных чертежей)


Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)


Раздел	Консультант
Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальная часть	Казьмина Ольга Викторовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская Марина Витальевна
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.03.2016
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина Ольга Викторовна	д.т.н.		23.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Резвая Екатерина Александровна		23.03.2016

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

Институт Физики Высоких Технологий
Направление подготовки (специальность) 18.03.01 - Химическая технология
Уровень образования Бакалавриат
Кафедра Технологии Силикатов и Наноматериалов
Период выполнения осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа


(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

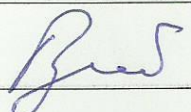
Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.06.2016	Основная часть	70
15.04.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2016	Социальная ответственность	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина Ольга Викторовна	д.т.н.		23.03.16

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Погребенков Валерий Матвеевич	д.т.н.		25.03.16

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 87 с., 26 рис., 29 табл., 33 источников.

Ключевые слова: микросферы, стеклобой, стекло, сферолизация.

Объектом исследования являются стеклянные микросферы, полученные из лампового стеклобоя марки СЛ-96.

Цель работы – установить возможность получения стеклянных микросфер на основе боя лампового стекла в лабораторных условиях по способу сферолизации в газовом факеле.

В процессе исследования проводились эксперименты по получению стеклянных микросфер на основе боя лампового стекла марки СЛ-96 с изучением их микроструктуры и определением физико-химических свойств.

В результате исследования проведен сравнительный анализ промышленных и лабораторно полученных микросфер.

Степень внедрения: данные, полученные в ходе выполнения работы, планируется использовать в учебном процессе при освоении дисциплин профиля «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

Область применения: судостроение, нефте- и газодобыча, лакокрасочная промышленность, горнодобывающая промышленность, строительство, машиностроение.

Экономическая эффективность/значимость работы: текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности является выгодным и перспективным с точки зрения ресурсопотребления.

В будущем планируется установить оптимальные технологические параметры получения полых стеклянных микросфер на основе лампового боя стекла марки СЛ-96 в промышленных условиях на ОАО «Свет XXI века».

Содержание

Введение.....	9
1 Литературный обзор.....	11
1.1 Составы стекол для получения стеклянных микрошариков и микрофер.....	11
1.2 Физико-химические процесс в технологии получения стеклянных микрофер.....	14
1.3 Основные физико-химические и механические свойства микрофер.	17
1.4 Области применения стеклянных микрофер.....	20
1.5 Технология получения микрофер и микрошариков.....	25
2 Методы исследования.....	33
2.1 Определение физико-механических свойств стеклянных микрофер (плотность, прочность, теплопроводность).....	33
2.2 Определение плавучести микрофер.....	37
2.3 Определение химических свойств микрофер.....	39
2.4 Микроскопическое исследование микрофер.....	40
3 Экспериментальная часть.....	43
3.1 Характеристика исследуемых микрофер.....	43
3.2 Экспериментальное получение стеклянных микрофер.....	45
3.3 Исследование структуры микрофер.....	48
3.4 Физико-химические и термические свойства стекла используемого для получения микрофер.....	52
3.5 Выводы по работе.....	55
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	57
4.1 Планирование научно-исследовательских работ.....	57
4.1.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	57
4.1.2 Определение трудоемкость выполнения работ.....	58
4.1.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	60

4.1.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	63
4.1.4.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	63
4.1.4.2	Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ.....	64
4.1.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	65
4.1.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	67
4.1.4.5	Накладные расходы.....	67
4.1.4.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	68
4.2	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	69
5	Социальная ответственность.....	72
5.1	Производственная безопасность.....	72
5.1.1	Анализ вредных факторов.....	74
5.1.2	Анализ опасных факторов.....	76
5.2	Экологическая безопасность.....	78
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	79
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	80
	Заключение.....	82
	Список публикаций студента.....	83
	Список использованной литературы.....	84

Введение

В настоящее время в связи с интенсивным развитием техники возросли требования к созданию новых легких материалов, способных к длительной эксплуатации в жестких условиях: под действием высоких температур, больших и разнообразных нагрузок, химически активных сред, излучение и т.д. Практически любая техническая проблема, где требуется снижение веса при низкой теплопроводности, высокой прочности и экономии объема, повышенной устойчивости к эрозии и агрессивным средам, может быть решена с применением полых стеклянных микросфер.

Полые стеклянные микросферы являются одним из перспективных новых неорганических материалов, которые находят широкое применение в различных областях промышленности в виде добавки или самостоятельного материала.

Основное применение микросфер в качестве добавки это: в нефте- и газодобыче, как важная составляющая в тампонажных растворах, в лакокрасочной промышленности, в композиционных материалах и в машиностроении. Так же микросферы могут использовать как самостоятельный материал для хранения различных веществ, например газов или медикаментов.

Микросферы представляют собой мелкодисперсные, легкосыпучие порошки, состоящие из тонкостенных замкнутых газонаполненных стеклянных оболочек диаметром в несколько десятков микрон.

Благодаря уникальному сочетанию свойств микросфер таких как: сферическая форма, низкая плотность, относительно высокая прочность на всестороннее сжатие, хорошее тепло- и звукоизоляционные, диэлектрические свойства, они являются одним из важнейших наполнителей в полимерных и многих других материалах. Микросферы позволяют не только модифицировать свойства материалов, но и улучшить технологические условия их получения и обеспечивают снижение стоимости.

Проблемой данного исследования является получение микросфер с определенным составом, так как на данный момент существует множество различных составов и имеется технологическая сложность в организации производства.

Актуальность работы заключается в снижении энергетических и материальных затрат на получение стеклянных микросфер, определении возможности контролировать и управлять размерами и свойствами микросфер. Снижение затрат осуществляется за счет использования в качестве исходного сырья вторичного стеклобоя, что позволяет не только экономить сырьевые материалы, используемые для стекловарения, но и решать экологические проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды неиспользуемым стеклобоям. Практическое значение имеет разработка более простого в технологическом плане и менее энергозатратного способа получения микросфер, так как существующие на данный момент способы являются многостадийными.

Целью данной работы является установить возможность получения стеклянных микросфер на основе боя лампового стекла в лабораторных условиях по способу сферолизации в газовом факеле.

Для достижения поставленной цели были поставлены задачи:

1. Определение температурного режима получения стеклянных микросфер путем сферолизации частиц порошка стекла марки СЛ-96 в газовом факеле.
2. Определение основных физико-химических свойств полученных микросфер.
3. Изучение морфологических особенностей и микроструктуры стеклянных микросфер.
4. Сравнительный анализ свойств полученных и промышленных стеклянных микросфер.

1 Литературный обзор

1.1 Составы стекол для получения стеклянных микрошариков и микросфер

Выбор состава стекла для изготовления полых стеклянных микросфер определяется в зависимости от двух факторов: от способа получения полых стеклянных микросфер и от дальнейшей их переработки и свойствами изделий, изготавливаемых на их основе.

При выборе состава стекла для полых микросфер необходимо создать в нем определенное количество соединений, способных при термической обработке микропорошка стекла разлагаться с выделением газообразных продуктов[1]. Для получения полых стеклянных микросфер большой интерес представляют стекла с содержанием SO_3 , потому что можно изменять содержание растворенного в стекле ангидрида серы в достаточно широких пределах до 1,5 % [2], это дает возможность изменять свойства полых стеклянных микросфер. Так же близки температурные интервалы разложения оксида серы и формирования полых стеклянных микросфер.

Один их факторов, определяющих содержание серного ангидрида в составе стекла, является значение температура варки стекла и окислительно-восстановительная среда. Понижение содержания SO_3 в расплаве стекла связано с разложением содержащихся в стекле сульфатов, это ограничивает температуру варки стекла. Для этого необходимо в состав стекла добавлять необходимое количество плавней-оксидов щелочных и щелочноземельных металлов, оксид бора, фторидов. Варка стекла нужно проводить в контролируемой окислительной среде [3] (с содержанием избыточного количества кислорода в печи) для предотвращения превращений сульфатов в сульфиды.

При изготовлении полых стеклянных микросфер существенную роль играют реологические свойства стекломассы и поверхностное натяжение.

Более пригодными в этой связи является стекла с малой энергией активации вязкого течения и содержащие R_2O ($R - Na, K, Li$), B_2O_3 , CaO , ZnO , BaO [1].

Для понижения поверхностного натяжения в расплав стекла необходимо вводить небольшие добавки TiO_2 , P_2O_5 , V_2O_5 , Cr_2O_3 . Так же снижает поверхностно натяжение и серный ангидрит, так как он в шесть раз снижает поверхностное натяжение расплава стекла, чем такие поверхностно-активные оксиды, как V_2O_5 , Cr_2O_3 [4].

Химический состав стекла определяет на физико-механические и химические свойства полых микросфер. Если знать зависимость изменения гидролитической устойчивости стекла от его состава [5], можно получать полые микросферы из малощелочного боросиликатного стекла с содержанием B_2O_3 и SiO_2 (не менее 70%) и содержащие так же оксиды ZnO , CaO , TiO_2 .

Так же для получения геометрических параметров сфер с более высокой прочностью будут обладать полые стеклянные микросферы с высоким коэффициентом упругости. Высокий коэффициент упругости достигается благодаря добавкам в составе стекла B_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , BeO [4].

В патентах [6-10] приводятся составы стекол для получения полых стеклянных микросфер, включающие в себя: 69,0% SiO_2 , 8,5% B_2O_3 , 6,5% CaO , 13,5% Na_2O , 2,0% ZnO , 0,5% F. Содержание серного ангидрида в составе стекла составляет 0,44%.

Так же можно выделить конечный состав стекла для получения стеклянных микросфер, который является многокомпонентным и может включать: 65-80% SiO_2 , 5-10% B_2O_3 , 5-10% RO (где $R - Ca, Zn, Mg, Ba$), 8-14% R_2O (где $R - Na, K, Li$), 0-5% TiO_2 .

Сравнивая составы полых стеклянных микросфер и стеклянных микрошариков, которые представлены в таблице 1.1, можно сделать вывод о том, что оба эти состава силикатные, так как содержат большое количество оксида кремния. Так же они близки по содержанию щелочноземельных и щелочных оксидов. Для изготовления полых стеклянных микросфер

используют боросиликатные составы, а для стеклянных микрошариков алюмосиликатные. Расхождение составов связано с тем, что присутствие в составе стекла оксида бора способствует образованию газовой фазы, которая нужна для получения полых стеклянных микросфер.

Таблица 1.1 – Химический состав стекла для микросфер и микрошариков [6-11]

Стекланные изделия	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO ₂	RO	R ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃	TiO ₂
Микрошарики	72,1-72,4	10,25-10,65 (где R – Ca, Mg)	15,0-15,2 (где R – Na)	2,20-2,34	Не более 0,2	–	Не более 0,1
Полые микросферы	65-80	5-10 (где R – Ca, Zn, Mg, Ba)	8-14 (где R – Na, K, Li)	–	–	5-10	0-5

Проведя анализ состава стекла для изготовления микросфер, можно сделать вывод, что при выборе состава нужно учитывать определенные критерии, которым должно соответствовать стекло. Данные критерии приведены на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Критерии выбора состава стекла для изготовления микросфер

Для расчета свойств стекла была использована программа «Расчет физических свойств стекла», разработанная ЗАО «СтромИзмеритель». Для расчета были использованы разные составы стекол в их пределах, которые

представлены в таблице 1.2 для стеклянных микрошариков и полых стеклянных микросфер. Расчеты представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.2 - Составы стекл полых стеклянных микросфер и стеклянных микрошариков

Обозначение образца	Содержание оксидов в масс. %											
	SiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Li ₂ O	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	BaO	ZnO
МШ1	72,1	4,2	6,35	15	-	-	2,2	-	0,1	0,05	-	-
МШ2	72,4	4	6,25	15	-	-	2,24	-	0,1	0,01	-	-
ПМ1	66	2,5	2,5	4,7	4,7	4,6	-	5	-	5	2,5	2,5
ПМ2	80	1,25	1,25	2,7	2,7	2,6	-	7	-	-	1,25	1,25

Таблица 1.3 – Свойства стекол разных составов

Обозначение стекла	Значения свойств стекла							
	Плотность (г/см ³)	Твердость по Ауэрбаху (кгс/мм ²)	ТКЛР до 400°С ($\cdot 10^{-7}$ 1/град)	Поверхностное натяжение (дин/см)	Температура размягчения стекла при η (°С)		Температура капли (°С)	Температура Литлтона (°С)
					6 Па с	8 Па с		
МШ1	2,487	181	92,9	323	827	701	1213	719
МШ2	2,483	183	92,5	323	828	701	1216	719
ПМ1	2,596	235	88,9	301	965	777	1508	803
ПМ2	2,423	278	55,7	286	995	791	1583	819

Проанализировав таблицу 1.3, можно сделать вывод о том, что более предпочтительными являются составы с максимальным значением основных оксидов, так как они имеют лучшие значения свойств, т.е. позволяют получить готовый продукт с оптимальными характеристиками.

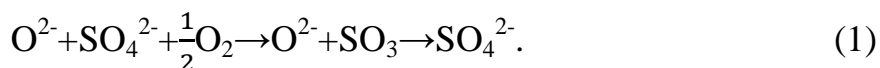
1.2 Физико-химические процессы в технологии получения стеклянных микросфер

Для приготовления полых стеклянных микросфер нужно создать условия для растворения определенного количества газов в этом процессе и их выделение при термической диссоциации при формировании сферической формы полых микросфер [12]. От правильного выбора условий зависит

возможность получения полых стеклянных микросфер из стекла и их физико-механические свойства для дальнейшего применения в различных областях.

Движущей силой процесса приготовления сплошных частиц стекла в полые стеклянные микросферы является термическая диссоциация кислородных соединений серы [12], содержащихся в стекле. Характер содержания соединений в стекле определяется, и химический состав стекла, и условия синтеза его с последующим формованием полых стеклянных микросфер.

Основным источником содержания соединений серы является серноокислый натрий, который используют для введения в стекло щелочного оксида или для осветления стекла [2]. Анион SO_4^{2-} устойчив в расплаве стекла при температуре, при которой происходит термическая диссоциация серноокислого натрия. Высокое содержание в расплаве оксида серы по сравнению с другими газами обусловлено явлением торможения химических реакций разложения данной соли. Устойчивость SO_4^{2-} к разложению и их растворение в расплаве зависит от протекания химической реакции (1) [12]



Эта реакция описывает основное содержание физико-химических процессов при изготовлении полых стеклянных микросфер. Они показывают пути реализации конкретных условий, обеспечивающих получение исходных стекол с определенным содержанием газообразных составляющих и формирования полых стеклянных микросфер с заданными свойствами. В первом случае создаваемые условия должны обеспечить сдвиг равновесия уравнения слева на право, во втором в противоположную сторону [13]. Важными параметрами являются температура, окислительно-восстановительная среда, химический состав стекла.

Содержание растворенного в стекле серного ангидрида влияет количество сульфата натрия. Для стабилизации определенного содержания в расплаве SO_4^{2-} температура синтеза должна не более 1400°C .

Из уравнения (1) видно, что необходимо поддержания окислительной среды при синтезе. Концентрация ионов кислорода будет определяться содержанием щелочных и щелочноземельных оксидов металлов в составе стекла [1]. Поэтому рекомендуется введение небольших добавок оксидов этих металлов, повышающих концентрация ионов кислорода в расплаве и поддерживающих более устойчивое состояние SO_4^{2-} .

Процесс получения полых стеклянных микросфер происходит при подаче исходного порошка стекла в разогретый до высоких температур газовый поток, например, в пламя газовой горелки. Процесс этот следует проводить при условиях, способствующих термической диссоциации растворенного в стекле SO_4^{2-} [3].

Для формирования полых стеклянных микросфер необходима восстановительная среда, которую можно создать различными способами, которые представлены на рисунке 1.2.



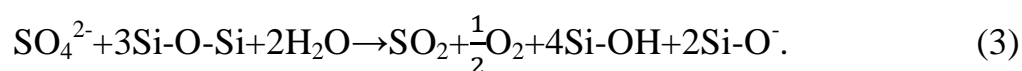
Рисунок 1.2 – Виды способов создания окислительной среды

В первый способ заключается в сжигании газа с коэффициентом воздуха не менее 1, а так же введение в состав атмосферы водорода. При таких условиях химическая диссоциация SO_4^{2-} протекает по реакции (2) [12]



Достоинства введения водорода в атмосферу заключается в высокой скорости диффузии последнего в расплавленный состав стекла, находящим во взвешенном состоянии и более быстрого протекания процесса восстановления серы до шестивалентной [2]. Этот способ сочетается с высокой температурой, позволяет улучшить показатели процесса формирования полых стеклянных микросфер, даже при использовании стекла, в составе которого относительно низкое содержание серного ангидрида.

Другой способ предполагает введения в зону формирования паров воды с парциальным давлением выше 0,02 МПа, так как при повышенном парциальном давлении водяного пара в атмосфере печи происходит поглощение его расплавом стекла и этот процесс вызывает разложение SO_4^{2-} по реакции (3) [12]



Этот процесс формирования полых стеклянных микросфер следует проводить в нейтральной или восстановительной среде. При поглощении паров воды расплавленными частицами стекла снижают его энергию активации вязкого течения [2] и это способствует лучшему формированию полых микросфер.

1.3 Основные физико-химические и механические свойства микросфер

Полые стеклянные микросферы обладают уникальным сочетанием множеством физико-химических и механических свойств. Основными из них, которые представляют интерес для дальнейшего применения микросфер в разных областях является:

1. Сыпучесть;
2. Низкая плотность;
3. Высокая прочность;
4. Плавуемость;

5. Идеальная сферическая форма;
6. Высокая адгезия к полимерным материалам;
7. Низкая теплопроводность;
8. Маслопоглощение;
9. Звуко- и теплоизоляционность;
10. Химическая стойкость.

Полые стеклянные микросферы представляют собой легкосыпучий порошок белого цвета. Размер микросфер составляет от 10 до 200 мкм, толщина стенки оболочек составляет 0,5-2,0 мкм, которые наглядно хорошо видны на рисунке 1.3. Важной характеристикой микросфер является небольшая плотность, которая варьируется в зависимости от марки стекла в пределах 80-700 и 70-400 кг/м³ [14]. Влажность микросфер не более 0,5%.

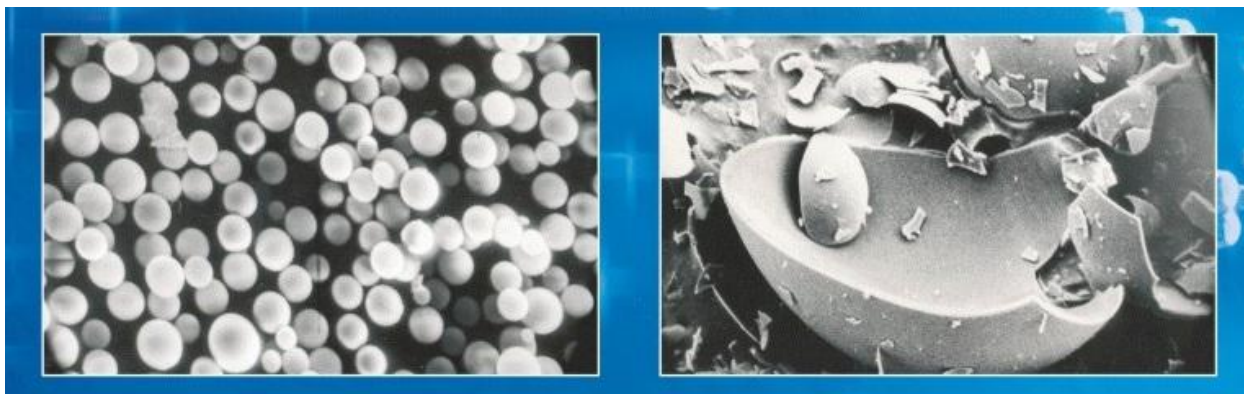


Рисунок 1.3 – Полые стеклянные микросферы под электронным микроскопом при увеличении $\times 100$ и $\times 1000$

Немаловажное значение играет высокая прочность полых стеклянных микросфер, оцениваемая гидростатическим давлением [15], которое разрушает определенное количество сферических частиц, примерно 10%. Это свойство зависит от способа получения микросфер и их плотности.

Рассматривая диаграмму зависимости размер и плотности микросфер от прочности на рисунке 1.4, можно увидеть, что большая прочность микросфер достигается при их малом размере порядка 30-40 мкм.

При применении полых стеклянных микросфер в различных областях, где присутствуют вода и другие жидкости, большое значение имеет такое

свойство как плавучесть, которое оценивается объемной долей плавающих микросфер [14]. Полые стеклянные микросферы обладают сравнительно низким маслопоглощением – 30-36 г/(100 см³).

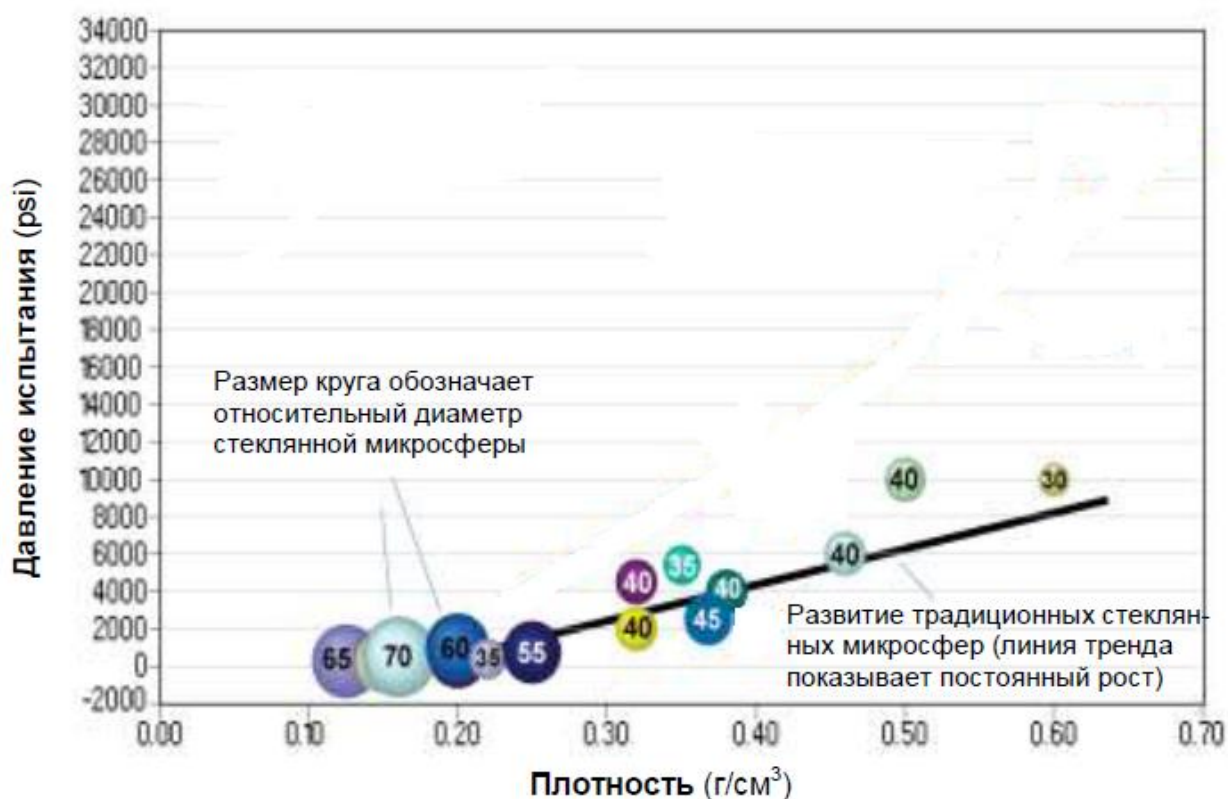


Рисунок 1.4 – Диаграмма зависимости прочности от размера и плотности микросфер [16]

Благодаря своей идеальной сферической форме полые стеклянные микросферы легко смешиваются с веществами, к которым их добавляют, что характеризует высокую адгезию к полимерным материалам, понижают вязкость смеси, снижают усадки цементной смеси, могут использоваться в технологии литья, экструзии и распыления.

Так же микросферы обладают низкой теплопроводностью из-за однородного распределения температур [9] при их изготовлении, поэтому их используют в качестве засыпки как теплоизоляционного материала в строительстве.

По химическим свойствам полые стеклянные микросферы химически стойки, так как имеют высокую стойкость к растворению в кислоте,

сохраняются до 99,95% [13]. Благодаря такому свойству микросферы проявляют совместимость с большинством полимеров, стабильность при хранении, формирование стабильных эмульсий и нет абсорбции, рН микросфер составляет 8-9, а щелочность не более 0,4-0,5 мэк/г.

Средние значения свойств полых стеклянных микросфер представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Свойства полых стеклянных микросфер

Значение свойств полых стеклянных микросфер								
Плотность, кг/м ³	Влажность, %	рН	Прочность, МПа	Средний размер частиц, мкм	Плаваемость, %	Теплопроводность, Вт/(м·м)	Маслопоглощение, г/(100см ³)	Щелочность, мэк/г
80-700	Не более 0,5%	8-9	3-60	10-200	89-99,9	0,029-0,115	30-36	0,4-0,5

1.4 Области применения стеклянных микросфер

Основные области применения полых стеклянных микросфер:

1. В судостроении, как один из основных элементов каркаса глубоководных аппаратов;
2. В нефтегазовой добычи, как составляющие в тампонажных растворах;
3. Лакокрасочная промышленность, являются добавками в огнезащитные лаки и краски;
4. В горнодобывающей промышленности, одни из составляющих взрывчатых систем;
5. Звукоизоляционные и композиционные материалы в строительстве;
6. В дорожно-строительных материалах;
7. Легкие конструктивные материалы;
8. Облегченные материалы авиационно-космического назначения;
9. Производство инструментов для металлообработки;
10. В качестве декоративного материала;
11. В лазерном термоядерном анализе.

Применение полых стеклянных микросфер в нефтегазовой добычи, как составляющие в тампонажных растворах (рисунок 1.5) для их облегчения. Это позволяет получить безусадочный, теплоизолирующий, быстро твердеющий материал, обеспечивающий надежную связь пласта с обсадными трубами [17].



Рисунок 1.5 – Полые стеклянные микросферы в тампонажных растворах

В нефтегазовой и химической промышленности полые стеклянные микросферы нашли самое широкое применение для теплоизоляции трубопроводов, резервуаров, теплообменных аппаратов, устройства антиконденсатных антикоррозионных покрытий для различных машин и металлоконструкций [13]. Так же применяют в качестве защитного изолирующего слоя для предотвращения испарения легколетучих продуктов, находящихся в открытом хранилище.

Введение полых стеклянных микросфер в состав взрывчатых веществ значительно увеличивает скорость детонации и, как следствие, существенно повышает эффективность взрывного процесса [14].

Применение компаундов [13] (термоактивные, термопластические полимерные смолы и эластомерные материалы) на основе полых стеклянных микросфер в качестве легкого промежуточного заполнителя при формовании многослойных композитов существенно расширило область применения их в

аэрокосмической, автомобильной, судостроительной и строительной отраслях промышленности.

Кровельного покрытия, поверхности резервуара с топливом, горячих труб водоснабжения, выхлопных труб, ликвидировать конденсат на строительных и металлических конструкциях во влажных помещениях и т.д. И наоборот, сберегать тепло в трубопроводах, реакторах, тепловых машинах.

Благодаря низкой плотности, а также высокой химической и физической стабильности полых стеклянных микросфер являются идеальным наполнителем для композиционных материалов, используемых для изготовления катеров, яхт, катамаранов, досок для серфинга, бакенов, буйков и других плавающих изделий [18].

Полые стеклянные микросферы используются в автомобильной технике в производства пластмассовых и композиционных материалов для кузовных элементов, деталей двигателей, тормозных колодок, термо- и звукоизолирующих материалов, защитных мастик и т.д. Полые стеклянные микросферы добавляют в автомобильные покрышки и резинотехнические изделия для снижения их веса и улучшения прочности и износостойкости.

Добавление небольшого количества полых стеклянных микросфер в стандартные малярные краски придает краскам антиконденсационные свойства. В этих красках реализуются одновременно два эффекта, присущих этим материалам - низкая теплопроводность полых микросфер и хорошая отражающая способность поверхностей этих стеклянных шариков [19]. Кроме того, микросферы в силу низкого коэффициента трения улучшают текучесть и ровность покрытий. А в производстве лаков и красок обеспечивают частичную замену белых пигментов, и улучшает их физико-механические свойства. Возможность использования микросфер в лакокрасочных материалах (рисунок 1.6), обусловлена их способностью рассеивать свет в различных средах за счет разницы в показателях преломления воздушного пузырька микросферы и среды [19], в которой они находятся.



Рисунок 1.6 – Полые стеклянные микросферы в лакокрасочной промышленности

Благодаря малой плотности, отличной физической стабильности, теплостойкости и низкой теплопроводности полые стеклянные микросферы являются превосходным наполнителем для сантехнических изделий, керамических отражателей, плиток, кирпичей, алюминиевого цемента, керамических изоляционных материалов и покрытий.

Хорошие тепло- и звукоизоляционные свойства микросфер позволяют применять их в полимерных материалах [14], в частности для изготовления звукоизоляционных панелей (рисунок 1.7), изоляции трубопроводов теплоснабжения, легковесных пластичных теплоизолирующих герметиков, антикоррозийных покрытий для защиты внутренней поверхности водопроводных и дренажных труб.

Полые стеклянные микросферы применяют в светостойких композициях для реставрации декоративно-художественных изделий из мрамора, изготовления искусственной древесины, изготовление специальных, чувствительных к давлению липких лент.

Известно использование полых стеклянных микросфер для получения абразивных изделий, таких как шлифовальных полотен, так как материал обладает высокой ударной прочностью и устойчивостью к термическим напряжениям.

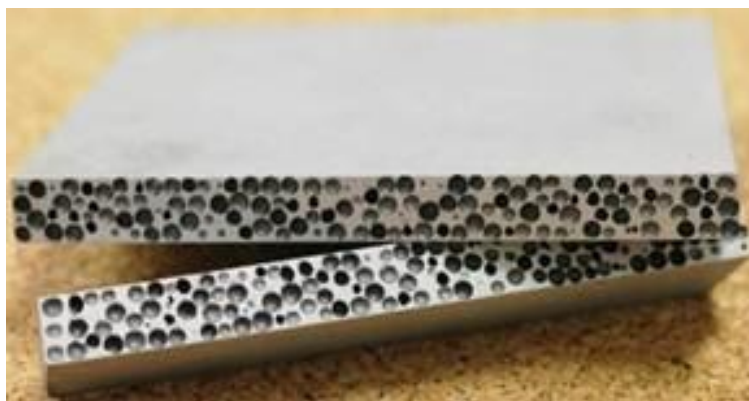


Рисунок 1.7 – Полые стеклянные микросферы в звукоизоляционных панелях

Самая интересная область применения полых стеклянных микросфер это лазерный термоядерный синтез, в котором единичные тонкостенные стеклянные оболочки используются в качестве миниатюрных мишеней-контейнеров для заполнения смесью дейтерия-третия [13].

В настоящее время стеклошарики находят применение в самых различных областях:

1. При «мокрой» обработке изделий с целью достижения требуемой степени шероховатости наиболее ответственных деталей двигателей;
2. При сухой струйной обработке поверхностей деталей машин и изделий и т.д.;
3. В качестве компонента красок и термопластов используемых для светоотражающих дорожных разметок;
4. В качестве наполнителей при производстве изделий из литевых пластмасс, что позволяет получить изделия с повышенной ударопрочностью, жесткостью, износостойкостью, а так же устранить эффекты коробления и усадки, которые невозможно убрать изменениями режимов литья;
5. В качестве наполнителей каучуковых композиций для гашения вибрации;
6. В качестве наполнителей оболочек кабелей для снижения трения при протягивании кабеля;

7. В качестве наполнителей эпоксидных композиций, полиуретанов, пенопластов, полиолефинов, эластомеров, цемента и многих других материалов для повышения долговечности, прочности, стойкости к коррозии и эрозионному износу;
8. В качестве наполнителей порошковых покрытий электрических проводов, что значительно улучшает их механические, электрические и тепловые свойства;
9. В медицинских целях в качестве наполнителя «ожоговых» ванн;
10. В качестве присадок к смазочным материалам, что позволяет уменьшить износ деталей в 2-3 раза;
11. В качестве модифицирующих добавок к клеям при ламинировании изделий с целью обеспечения заданной толщины клеевого слоя.

Области применения полых стеклянных микрошариков схожи с областями применения полых стеклянных микросфер.

Стеклянные микрошарики изготовленные из стёкол с высоким показателем преломления (с содержанием оксида свинца 18-24%), являются в настоящее время одним из наиболее эффективных светоотражающих материалов [20], которые используются при изготовлении дорожных знаков, могут быть рекомендованы при изготовлении светоотражающих элементов, фар автомобилей, а также светоотражающих элементов одежды.

Стеклянные микрошарики, изготовленные из химически стойких стекол могут быть использованы в химической и нефтехимической промышленности, в качестве носителей катализаторов.

1.5 Технология получения микросфер и микрошариков

Существует несколько способов получения полых стеклянных микросфер, различающиеся аппаратурой и получением сырьевой смеси. Два основных способа представлены на рисунке 1.8.

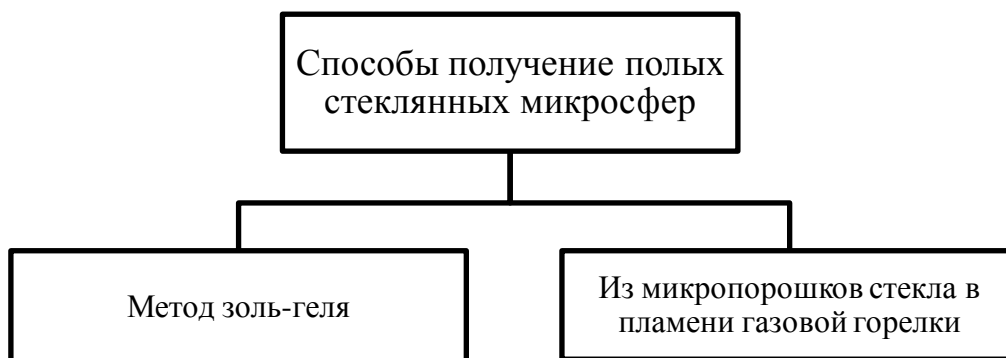


Рисунок 1.8 – Способы получения полых стеклянных микросфер

Первый способ заключается в предварительном получении водного раствора щелочного силиката, содержащего дополнительно специальные добавки, последующей сушке раствора в распылительной сушилке и получении порошков определенного гранулометрического состава, формировании из них полых стеклянных микросфер, химической обработке отформованных полых стеклянных микросфер в растворе кислоты для удаления избытка щелочных компонентов, отмывке в воде и сушка готовых полых стеклянных микросфер [14]. Этот способ один из первых для получения полых стеклянных микросфер, в дальнейшем он совершенствовался.

Технологическая схема получения полых стеклянных микросфер данным способом представлена на рисунке 1.9. Преимуществом такого способа является получение микросфер с улучшенными термическими и диэлектрическими свойствами.

Другой способ получения стеклянных микросфер, который наиболее распространен, это изготовление из порошков предварительно синтезированного стекла. Для этого порошки определенного химического и гранулометрического состава пропускают через пламя газовой горелки с температурой 1100-1500°C [7], в результате этого сплошные частицы стекла превращаются в полые микросферы. Механизм этого способа основан на растворении и выделении газов из стекла.

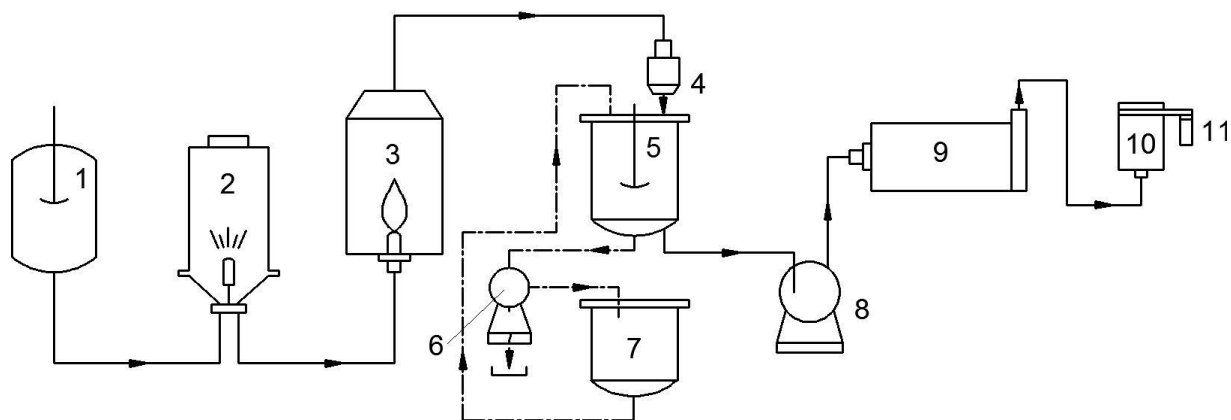


Рисунок 1.9 – Технологическая схема получения полых стеклянных микросфер золь-гелем методом [14]:

1-узел приготовления раствора; 2-распылительная сушилка; 3- печь сферолизации; 5- сборник-циклон; 6-устройство для фильтрования раствора, промывки и сушки шлама; 7- кислотосборник; 8-устройство для промывки и сушки микросфер; 9-барabanная сушилка; 10-устройство для высокотемпературной обработки; 11-бункер

Этот способ имеет ряд преимуществ по сравнению с золь-гелем методом. Благодаря исходному химическому составу стекла отсутствует необходимость в проведении дополнительной химической обработки полых стеклянных микросфер, из-за которой ухудшаются их свойства. Так же изготовленные этим способом полые стеклянные микросферы имеют высокие физико-механические параметры, чем изготовленные золь-гелем способом. Технологическая схема получения полых стеклянных микросфер из микропорошков стекла приведена на рисунке 1.10.

Для получения стеклянных микрошариков проводят подготовку микропорошков стекла, которую осуществляют путем совмещения процессов измельчения исходного стеклогранулята и классификации порошков стекла [11]. Подачу микропорошков стекла в печь формования производят предварительно нагретым сжатым воздухом [20].

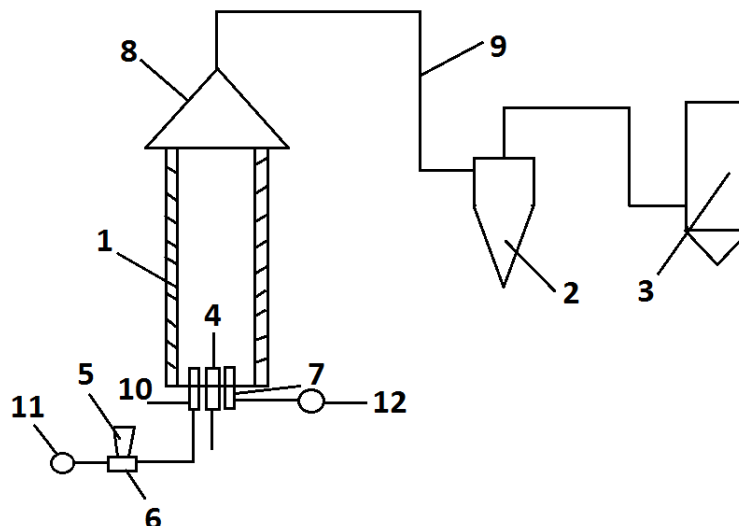


Рисунок 1.10 – Технологическая схема получения полых стеклянных микросфер из микропорошков стекла [7]:

1-печь формирования; 2-циклон; 3-фильтр; 4-горелка; 5-дозатор микропорошков; 6-эжектор; 7-устройство для подачи пара; 8-зонт; 9-газорасход; 10-устройство для ввода микропорошков; 11-компрессор; 12-бойлер

Формование микрошариков осуществляют в газопламенном потоке, создаваемом горелочным устройством, состоящим из концентрически расположенных относительно оси печи формирования форсунок, причем газопламенный поток для формования микрошариков создается внутри жаровой трубы, состоящей из конических царг, входящих одна в другую с кольцевым зазором. Воздух, подаваемый на горение топлива, предварительно нагревается в пространстве между внешним кожухом печи формирования и жаровой трубой при принудительном нагнетании воздуха в верхнюю часть печи. А охлаждение отформованных микрошариков осуществляется за счет подсоса холодного атмосферного воздуха, после чего микрошарики подвергаются дополнительно двухступенчатой классификации по размерам.

Принципиальная технологическая схема получения стеклянных микрошариков представлена на рисунке 1.11.

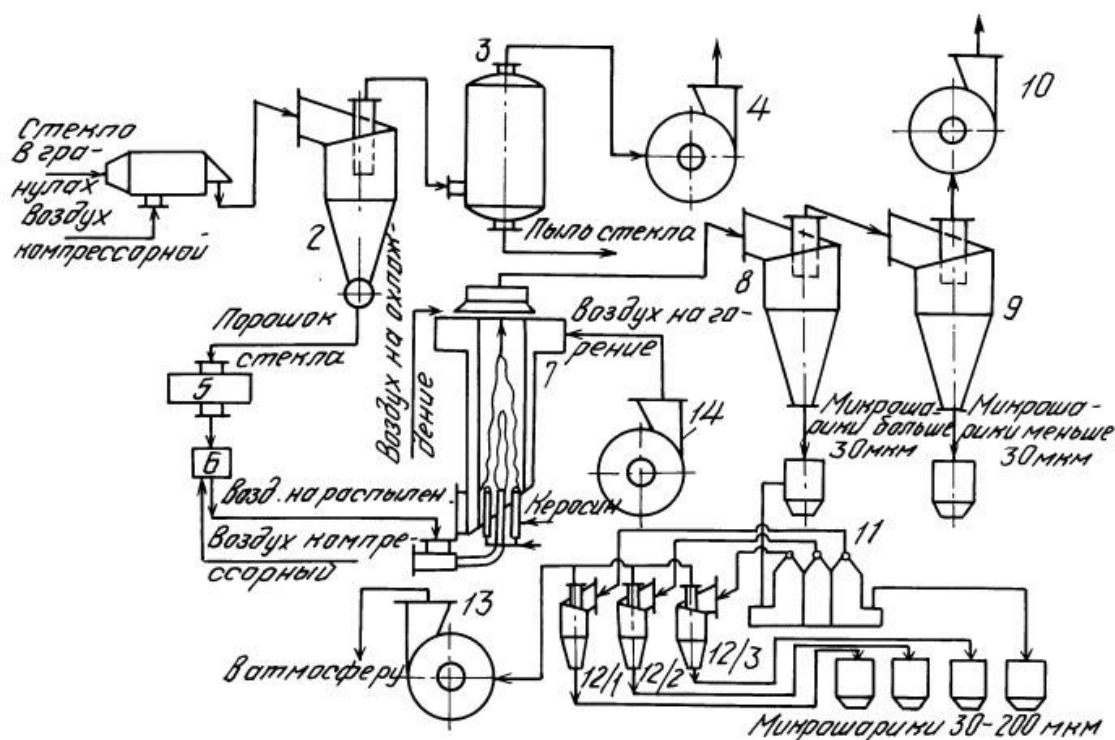


Рисунок 1.11 – Схема получения стеклянных микрошариков [11]:

1 -измельчитель стеклогранулята со встроенным воздушно-механическим классификатором; 2- сепаратор-циклон; 3- рукавный фильтр; 4 – вентилятор; 5 -питатель микропорошков стекла; 6 - воздушный эжектор; 7 - печь формования микрошариков; 8 - сепаратор-циклон; 9 – сепаратор; 11 - классификатор виброкипящего слоя с сепараторами 12.1-12.3; 10,13 - хвостовые вентиляторы

В результате проведенного литературного обзора можно сделать несколько выводов по получению, применению и свойствах полых стеклянных микросфер и стеклянных микрошариков.

Получение микросфер сложный и многоступенчатый процесс, который требует организацию аппаратного оформления процесса газообразования. На данный момент существует два способа их получения – золь-гель метод и из микропорошков с помощью пламенной горелки, но у каждого способа есть свои достоинства и недостатки. Самый оптимальный способ является из микропорошков с помощью горелки, так как этот способ менее энергоемкий и содержит меньше этапов приготовления, не нужно проводить дополнительных операции химической обработки самих микросфер. Так же приготовление этим способом микросферы имеют хорошие показатели по

физико-механическим свойствам, чем микросферы, изготовленные золь-гелем методом.

Для получения микрошариков на данный момент существует один способ, который так же создает процесс газообразования, в котором задействовано большой объем аппаратуры из-за многоэтапности процесса, а, следовательно, энергоемкость такого способа большая.

У полых стеклянных микросфер и стеклянных микрошариков широкая область применения, они могут использоваться как самостоятельно, но в единичных случаях, так и добавкой в различные промышленности. Основное применение микросфер и микрошариков это как добавка, так как они не только улучшают качество различных материалов, но в отдельных случаях снижают стоимость по сравнению с ненаполненными материалами.

Из-за большой области применения существуют разнообразные составы микросфер с различными соотношениями оксидов и даже с различными оксидами. В основном применяют силикатные составы стекол с различными добавками оксидов для придания тех или иных свойств.

На данный момент в России существуют два предприятия по производству стеклянных микросфер: ОАО «НЗСВ», г. Великий Новгород и ООО «Тверской завод микросфер», г. Тверь.

Новгородский завод стекловолокна, представлен на рисунке 1.12, открыл производство по полым стеклянным микросферам в 1978 году. Микросферы вырабатываются из натриевоборосиликатного стекла. Производитель заявляет, что их микросферы обладают идеальной сферической формой, низкой плотностью (стеклянные полые микросферы всплывают на поверхности воды), высокой механической прочностью, термостабильностью, химической инертностью и высокой температурой плавления порядка 1100 °С. На данном предприятии существует свыше 10 марок микросфер.



Рисунок 1.12 - ОАО «НЗСВ», г. Великий Новгород

В Твери в ноябре 2015 года в тестовом режиме заработал ООО «Тверской завод микросфер», который представлен на рисунке 1.13. Здесь начали выпускать инновационную продукцию – микросферы, которые имеют широкий спектр использования.



Рисунок 1.13 – ООО «Тверской завод микросфер», г. Тверь

Инновационная технология, лежащая в основе проекта, позволяет производить продукт с повышенными требованиями к размеру, плотности и прочности. Микросферы с подобными характеристиками в России еще не производились. Микросферы, производимые на предприятии, представляют собой сверхлегкий высокопрочные стеклянные полые микросферы со специальным модифицирующим покрытием. Продукт на данном предприятии получается из обычного битого стекла.

За рубежом самая популярная компания по производству полых стеклянных микросфер является 3M™ Glass Bubbles, США. Технология полых стеклянных микросфер была разработана компанией в 1960-х годах. Технология использования стеклянных полых микросфер 3M™ Glass Bubbles используется на этапе добычи для снижения плотности цементов и буровых растворов.

Полые стеклянные микросферы являются однопустотными, изготовленными из натриево-кальциево-боросиликатного стекла, химически инертными полыми сферами, обладающими высокой водостойкостью, а также высокой термостойкостью и стойкостью к давлениям.

Компания 3M™ Glass Bubbles изготавливает свыше 10 марок разных микросфер отличных по свойствам и применяющихся в различных областях промышленности от буровых растворов до производства автомобилей.

2 Методы исследования

2.1 Определение физико-механических свойств стеклянных микросфер (плотность, прочность, теплопроводность)

Плотность. Определяют истинную плотность полых стеклянных микросфер методом гидростатического взвешивания [21]. Для проведения испытаний необходимо отобрать пробу, для этого отбирают 1-2 пробы из упаковки с микросферами и соединяют их вместе и получают объединенную пробу, которую помещают в емкость и усредняют ее тщательным встряхиванием в течение 3-5 минут. Далее от пробы отбирают навеску весом около 1 г.

Для определения истинной плотности используют три капсулы, у которых необходимо определить их гидростатический вес в воде перед испытанием. Каждую капсулу поменяют в стеклянный сосуд с дистиллированной водой, налитой до метки, далее вакуумируют для откачки воздуха из объема сосуда воздуха в течение 15 минут. После вакуумирования сосуд встряхивают несколько раз для удаления прилипших к капсуле пузырьков воздуха и производят повторное вакуумирование в течении 5 минут. Затем, не вынимая капсулу из сосуда, его устанавливают на опорную подставку над левой чашкой весов и, подвесив к крючку весов, выполняют гидростатическое взвешивание. Это испытание проводят трижды, удаляя из капсулы воду перед каждой операцией. За гидростатический вес капсулы принимают среднее арифметическое трех результатов, выраженное в граммах.

После проведения испытаний капсулы сушат. Взвесив сухие капсулы на воздухе, засыпают в них отобранную навеску микросфер и взвешивают. Помещают капсулы в сосуд с дистиллированной водой и выполняют взвешивание, находя гидростатический вес каждой капсулы с микросферами.

Для вычисления каждой навески используют формулу 2.1

$$P_m = P_{км} - P_k, \quad (2.1)$$

где P_M – вес навески, г;

P_{KM} – вес капсулы с микросферами на воздухе, г;

P_K – вес капсулы на воздухе, г.

Вычисляют «подъемную силу» каждой навески в воде по формуле 2.2

$$F_M = F_K - F_{KM}, \quad (2.2)$$

где F_M – «подъемная сила» навески, г;

F_K – гидростатический вес капсулы, г;

F_{KM} – гидростатический вес капсулы с микросферами, г.

Для расчета истинной плотности микросфер используют формулу 2.3

[21]

$$d_M = \frac{P_M}{P_M + F_M} \cdot d_B, \quad (2.3)$$

где d_M – истинная плотность микросфер, г/см³;

F_M – «подъемная сила» навески, г;

P_M – вес навески, г;

d_B – плотность воды, которую принимаем равной 1000 г/см³.

Истинную плотность рассчитывают с точностью до третьего знака после запятой.

Прочность. Прочность стеклянных микросфер измеряют как прочность на гидростатическое сжатие [14]. Прочность микросфер на гидростатическое сжатие характеризуется процентом разрешения пустотелых частиц. За 50% уровень прочности принимают давление, при котором разрушается 50% испытываемых микросфер [21].

Для проведения испытания используются пробы, отобранные способом, который описан выше. Для испытания используют камеру высокого давления, которую заполняют дистиллированной водой. В камеру помещают три капсулы с микросферами, камеру герметизируют.

В камере создают давление 50 кгс/см² и поддерживают его постоянным в течение 5 минут. После снятия давления капсулы вынимают и производят

их гидростатическое взвешивание. Рассчитывают весовой процент разрушения микросфер в каждой капсуле по формуле 2.4 [21]

$$N_{\text{д}} = \frac{F_{\text{д}} - F_{\text{км}}}{0,583 \cdot P_{\text{м}} + F_{\text{м}}} \cdot 100, \quad (2.4)$$

где d – давление, при котором происходит разрушение, кгс/см²;

$N_{\text{д}}$ – весовой процент разрешения микросфер, %;

$F_{\text{д}}$ – гидростатический вес данной капсулы с навеской после испытания при давлении d , г;

$F_{\text{км}}$ – гидростатический вес капсулы до испытания, г;

$F_{\text{м}}$ – «подъемная сила» навески в воде, г;

$P_{\text{м}}$ – вес навески, г;

0,583 – расчетный коэффициент для плотности стекла равный 2,450 г/см³.

Вычисления проводят до первого знака после запятой.

Далее снова помещают капсулы с микросферами в камеру и продолжают испытания на гидростатическую прочность, как описано выше, при давления 100, 150 кгс/см² и т.д. с интервалом 50 кгс/см² до тех пор, пока весовой процент разрешенных микросфер в каждой капсуле не превысит 50.

Прочность на гидростатическое сжатие рассчитывают для каждой капсулы по формуле 2.5 [21]

$$P_{50} = P_{\text{н}} + \frac{50 - N_{\text{дн}}}{N_{\text{дв}} - N_{\text{дн}}} \cdot P_{\text{и}}, \quad (2.5)$$

где P_{50} – прочность на гидростатическое сжатие, кгс/см²;

$P_{\text{н}}$ – нижнее значение давления в последнем интервале испытаний, кгс/см²;

$N_{\text{дн}}$ – весовой процент микросфер, разрушенных при этом давлении, %

$N_{\text{дв}}$ – весовой процент микросфер, разрушенных при верхнем значении давления в последнем интервале испытаний, %;

$P_{\text{и}}$ – интервал изменения давления при испытании, равный 50 кгс/см²;

50 – установленный уровень разрешения микросфер, кгс/см².

Вычисления проводят до первого знака после запятой.

Теплопроводность. Сущность метода определения теплопроводности заключается в создании стационарного теплового потока через уплотненный образец [22].

Для начала необходимо высушить микросферы до постоянной массы в течение 0,5 часов. Высушенные микросферы помещают в ящик, дно и крышка которого изготавливаются из листового материала. Размеры этого ящика должны соответствовать размерам рабочих поверхностей плит прибора, а глубина – толщине засыпке микросфер не больше 0,2 диаметра образца и не меньше десяти диаметров микросфер. Относительная полусферическая излучательная способность поверхностей дна и крышки ящика должна быть более 0,8 при тех температурах, которые эти поверхности имеют в процессе испытания [22]. Термическое сопротивление листового материала, из которого изготавливают дно и крышку ящика, должно быть известно.

Порошок с микросферами делят на четыре части, которые по очереди засыпают в ящик, уплотняя каждый раз. Ящик закрывают крышкой, которую прикрепляют к его боковым стенкам. Далее взвешивают ящик с микросферами. По определенному значению массы ящика с микросферами и предварительно определенным значениям внутреннего объема и массы пустого ящика вычисляют плотность образца насыпного материала.

Ящик помещают в прибор (рисунок 2.1), который оснащен двумя тепломерами, один из которых расположен между испытываемым образцом и холодной плитой прибора, а второй — между образцом и горячей плитой прибора. В процессе испытаний температура лицевых граней должна быть 10-30 К. Установив заданные значения температур рабочей поверхности плит прибора, измеряют температуру, проводят измерения через каждые 300 секунд сигнал датчиков температур крышки и дна ящика, если плотность теплового потока через ящик измеряют при помощи тепломера.

Тепловой поток считают установившимся, если значения термического сопротивления образца, вычисленные по результатам трех последовательных

измерений сигналов датчиков температур и плотности теплового потока, отличаются друг от друга менее чем на 1 %.

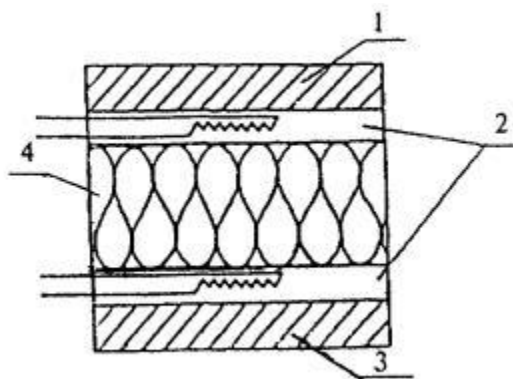


Рисунок 2.1 - Схема прибора с двумя тепломерами [22]:

1 — нагреватель; 2 — тепломеры; 3 — холодильник; 4 — испытываемый образец

Теплопроводность микросфер определяют по формуле 2.6 [22]

$$\lambda = \frac{d_u}{\frac{\Delta T_u}{q_u} - 2r_1}, \quad (2.6)$$

где λ – теплопроводность, Вт/(м·К);

ΔT_u – разность температур лицевых граней ящика, К;

d_u – толщина порошка, м;

r_1 – термическое сопротивление листового материала, (м²·К)/Вт;

q_u – плотность стационарного теплового потока, проходящего через ящик, Вт/м².

2.2 Определение плавучести микросфер

Определение плавучести микросфер заключается в измерении объемов плавучей части микросфер и осадка [21].

Для испытания используют три пробы порошка микросфер, от которых отбирают в стакан навеску 30-35 см³. Испытание проводят в сосуде, который представлен на рисунке 2.2.

Сначала нижний стебель сосуда закрывают пробкой, совмещая ее верхний торец с нулевой отметкой на шкале стебля, и устанавливают сосуд в штатив в вертикальном положении.

В стакан с микросферами наливают дистиллированную воду и перемешивают до образования суспензии. Через воронку, которая находится в верхнем стебле, заливают суспензию в сосуд. Смыть остатки микросфер со стенок стакана, заполняют сосуд до нулевой отметки по шкале верхнего стебля и закрывают пробкой, так же совмещая ее нижний конец с нулевой отметкой верхнего стебля.

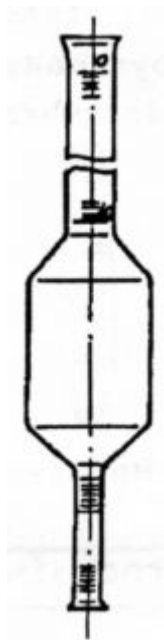


Рисунок 2.2 – Сосуд для определения плавучести

После тщательного перемешивания суспензии путем встряхивания и переворачивания сосуда, его снова устанавливают на штатив. Через 30 минут содержимое снова перемешивают и оставляют еще на 30 минут. После повторного отстаивания производят отсчет объемов плавучей части и осадка по шкалам сосуда и считают плавучесть по формуле 2.7 [21]

$$f_m = \frac{V_1}{V_1 - V_2} \cdot 100, \quad (2.7)$$

где f_m – плавучесть микросфер, объемная доля %;

V_1 – объем плавучей части невестки, мл;

V_2 – объем осадка невестки, мл.

2.3 Определение химических свойств микросфер

Для определения химической устойчивости микросфер используют метод порошка.

Для этого необходимо взять навеску микросфер массой 2 грамма и поместить ее в колбу из химически стойкого стекла объемом 60-70 мл и отмывают микросферы от пыли декантированием холодной дистиллированной водой [23]. Промывку повторяют три раза. Промывную воду отфильтровывают, а микросферы, попавшие на фильтр, обратно присоединяют к навеске.

Далее в колбу наливают 50 мл горячей дистиллированной воды, к колбе присоединяют обратный холодильник и кипятят в водяной бане в течение 1 часа. После этого раствор выливают в коническую колбу объемом 250 мл и титруют 0,01 н раствором HCl в присутствии индикатора – метилрота. Опыт повторяют три раза.

По количеству 0,01 н HCl пошедшей на титрование определяют по таблице 2.1 к какому гидролитическому классу относятся микросферы.

Таблица 2.1 – Классификация стекол по химической устойчивости [23]

Гидролитический класс	Характеристика	Объем 0,01 н HCl, израсходованной на титрование, мл	Количество Na ₂ O, мг
I	Стекла, не изменяемые водой	0-0,32	0-0,11
II	Стекла устойчивые	0,23-0,65	0,11-0,20
III	Стекла твердые	0,65-2,8	0,20-0,87
IV	Стекла мягкие	2,8-6,5	0,87-2,00
V	Стекла неудовлетворительные	>6,5	>2,00

2.4 Микроскопическое исследование микросфер

Оптическая микроскопия. Оптическая микроскопия позволяет получить увеличенное изображение микросфер, невидимых вооруженным глазом с помощью оптического микроскопа, который представлен на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 - Микроскоп поляризационный ПОЛАМ РП-1

Оптическая система микроскопа состоит из основных элементов — объектива и окуляра. Они закреплены в подвижном тубусе, расположенном на металлическом основании, на котором имеется предметный столик. Также микроскоп имеет осветительную систему, макро- и микро- винты для настройки резкости, систему управления положением конденсора.

Для работы с микроскопом необходимо порошок микросфер поместит на шлиф с липкой лентой, чтобы микросферы не перемещались, и поместить его на предметный столик оптического микроскопа. Шлиф с микросферами должен быть освещен, система освещения содержит лампу, наклонно расположенное зеркало и линзу. Над предметным столиком находится блок с линзами объектива и тубус, представляющий собой трубку с окулярами.

Линзы объектива, собирая рассеянные лучи от микросфер, формируют увеличенное во много раз его изображение. Подбирая фокусные расстояния

объектива и окуляра, можно достичь увеличения оптического микроскопа в 2000 раз.

Регулировка оптического микроскопа, что подразумевает изменение фокуса изображения и иную настройку оптической системы производится специальными винтами для регулировки. Кроме регулировочных винтов, которые позволяют добиться наилучшей четкости при просмотре изображения, а также нужной степени увеличения, к оптическому микроскопу есть возможность добавить иные функциональные приспособления.

В частности, микроскоп может иметь фотокамеру для регистрации изображения микросфер на компьютер, что позволяет более точно рассмотреть микросферы и измерить их примерный размер.

Электронная микроскопия. Для исследования среднего размера микросфер используют электронную микроскопию. Этот метод позволяет исследовать структуру микросфер, размер которых составляет меньше одного микрона.

Электронный микроскоп, который представлен на рисунке 2.4, работает на использовании направленного потока электронов, от которого получается световой луч в световом микроскопе, а линзы – магниты [24]. Из-за того что различные области микросфер по-разному задерживают поток электронов, на экране микроскопа получается черно-белое изображение их, увеличенное в несколько десятков или тысяч раз.



Рисунок 2.4 – Растровый электронный микроскоп JEOL JSM 6000

При помощи электронной микроскопии изучается внешняя форма микросфер, молекулярная организация их поверхности, а также можно исследовать внутреннее строение и состав их.

Оптическая схема электронного микроскопа близка к схеме светового. Катод, представляющий собой вольфрамовую проволоку, при накаливании испускает электроны [24]. В результате разности потенциалов между катодом и анодом, равной нескольким десяткам киловольт, электроны со значительной скоростью движутся к аноду и проходят через отверстие с магнитную линзу. Линза фокусирует пучок электронов в плоскости объекта.

Электроны, прошедшие сквозь объект, попадают во вторую магнитную линзу, которая создает в плоскости увеличенное изображение объекта. Чтобы сделать это электронное изображение видимым, в данной плоскости устанавливают флюоресцирующий экран [24]. Получаемое видимое изображение объекта называют промежуточным. Часть электронов, несущих определенную часть общего изображения, проходит через отверстие в центре экрана и при помощи третьей магнитной линзы фокусируется в увеличенном виде на плоскости детектора, преобразующего его в цифровой формат. Общее увеличение микроскопа равно произведению увеличений, даваемых линзами.

Благодаря такому действию микроскопа, он позволяет давать точное изображение микросфер и измерять их средний размер, наблюдать отчетливо их поверхность и давать химический состав.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Резвой Екатерине Александровне

Институт	ИФВТ	Кафедра	ТСН
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 – Химическая технология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет стоимости исходного сырья, материалов, спецоборудования, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчетные величины материалов, сырья и оборудования научно-технического проекта
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Премиальный коэффициент, районный коэффициент, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

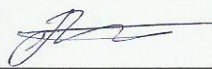
1. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование структуры работ, их трудоемкость, разработка графика проведения исследования, расчет бюджета исследования: затраты на сырье, оборудование, заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя эффективности: определение финансовой эффективности и ресурсоэффективности; сравнение эффективности разработки с аналогами

Перечень графического материала:

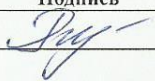
1. График проведения и бюджет НИ
2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	23.03.2016г.
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		23.03.2016г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Резвая Екатерина Александровна		23.03.2016

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Планирование научно-исследовательских работ

4.1.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр
	4	Патентный обзор литературы	Руководитель, Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
	7	Проведение экспериментов	Бакалавр
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	10	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка технологии	Бакалавр
	13	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	14	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Изготовление и испытание опытного образца	15	Получение опытного образца	Бакалавр, руководитель
	16	Лабораторные испытания опытного образца	Бакалавр, руководитель
Оформление комплекта документации по ВКР	15	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется формула 4.1

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

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p по формуле 4.2, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, \quad (4.2)$$

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

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. – дн.;

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

Результаты расчетов занесены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоёмкость работ									Исполнители	Т _р , раб. дн.			Т _р , кал. дн.		
		t _{min} , чел-дн.			t _{max} , чел-дн.			t _{ож} , чел-дн.				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
1	Составление технического задания	0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	Р	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	Б	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	К ¹	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	К ²	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Р	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Б	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
3	Подбор и изучение материалов	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Р	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
		5	5	5	10	10	10	7	7	7	Б	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
4	Патентный обзор литературы	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	8,2	9,8	9,8	9,8
5	Календарное планирование работ по теме	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	1,9	2,3	2,3	2,3
7	Проведение экспериментов	5	5	5	8	8	8	6,2	6,2	6,2	Б	3,1	3,1	3,1	3,7	3,7	3,7
8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4
		3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	1,9	2,3	2,3	2,3
9	Оценка эффективности результатов	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	1,7	2	2	2
		5	5	5	6	6	6	5,4	5,4	5,4	Б	2,7	2,7	2,7	3,2	3,2	3,2
10	Определение целесообразности проведения ВКР	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Р	2,9	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5
		5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5
11	Разработка технологии	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Б	2,4	2,4	2,4	2,9	2,9	2,9
12	Оценка эффективности производства	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Б	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
		5	5	5	10	10	10	7	7	7	К ¹	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
13	Разработка СО	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,1	4,9	4,9	4,9
		7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	К ²	4,1	4,1	4,1	4,9	4,9	4,9
14	Приготовление опытного образца	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	1,7	2	2	2
		14	14	14	28	28	28	19,6	19,6	19,6	Б	9,8	9,8	9,8	12	12	12
15	Испытания опытного образца	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	1,7	2	2	2
		5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5
16	Составление пояснительной записки	13	13	13	16	16	16	14,2	14,2	14,2	Б	14	14	14	17	17	17

Р – руководитель; Б – бакалавр; К¹ – консультант по экономической части; К² – консультант по социальной ответственности.

4.1.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, который приведен в таблице 4.3 и 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 формулой 4.3

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i – й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i – й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле 4.4

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.4)$$

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.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{140}{140 - 16 - 6} = 1,19.$$

Таблица 4.3 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	T _{кп} , дней	Продолжительность выполнения работ														
			февраль		март			апрель			май						
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,1	■														
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,6	■														
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	4,2		■													
Патентный обзор литературы	Бакалавр	9,8		■													
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	0,8			■												
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	2,3				■											
Проведение экспериментов	Бакалавр	3,7 2,2					■										
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр	1,4 2,3						■									
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	2,0 3,2 0,6							■								

Продолжение таблицы 4.3

Вид работы	Исполнители	T _{кп} , дней	Продолжительность выполнения работ												
			февраль		март			апрель			май				
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	3,5													
Разработка технологии	Бакалавр	2,9													
Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант ЭЧ	4,2													
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	4,9													
Получение опытного образца	Руководитель, бакалавр	2 12													
Испытания опытного образца	Руководитель, бакалавр	2													
		3,5													
		0,6													
Составление пояснительной записки	Бакалавр	17													

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО

4.1.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.1.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данной ВКР требуются материальные затраты на:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле

4.5

$$Z_m = (1 + k_T \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}), \quad (4.5)$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, 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.

Материальные затраты данного НТИ представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Стеклобой	кг	0,3	0,3	0,30	1,2	1,2	1,2	0,36	0,36	0,36
Итого								0,36	0,36	0,36

4.1.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле 4.6

$$A_{год} = \frac{C_{перв}}{T_{пи}}, \quad (4.6)$$

где $C_{перв}$ – первоначальная стоимость, руб;

$T_{пи}$ – время полезного использования, год.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Расчет затрат на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
2.	Щековая дробилка	1	630000	48460
3.	Шаровая мельница	1	80000	4000
4.	Газовая горелка	1	52200	5220
Итого				57680

4.1.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату рассчитывается по формуле 4.7. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле 4.8

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

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

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 4.9

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн.

В таблице 4.6 приведен баланс рабочего времени каждого работника НИИ.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле 4.10

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.10)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.6 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	140	140	140	140
Количество нерабочих дней				
выходные дни:	16	16	16	16
праздничные дни:	6	6	6	6
Потери рабочего времени				
отпуск:	0	0	0	0
невыходы по болезни:	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	118	118	118	118

Таблица 4.7 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$, руб.	kn_p	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	23264,9	0,3	0,35	1,3	49903,2	1933,88	16,6	32102,4
Бакалавр	14874,5	0,3	0,35	1,3	31905,8	1229,02	70	86031,4
Консультант СО	20080,9	0,3	0,35	1,3	43073,5	1659,2	4,3	7134,52
Консультант ЭЧ	20080,9	0,3	0,35	1,3	43073,5	1659,2	4,3	7134,52
Итого								132408,84

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{дон}$, руб.	$Z_{зн}$, руб.
Руководитель	32102,4	3852,3	35954,7
Бакалавр	86031,4	10323,8	96355,2
Консультант ЭЧ	7134,52	856,1	7990,66
Консультант СО	7134,52	856,1	7990,66

4.1.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по формуле 4.11

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (4.11)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2016 г. в соответствии Федеральным законом от 24.07.2009 N 212-ФЗ (ред. от 31.12.2014) установлен размер страховых взносов равный 30%. Однако на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27.1%

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot 148291,22 = 40186,92 \text{руб.}$$

4.1.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле 4.12

$$З_{накл} = k_{нр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4), \quad (4.12)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{нр}$ допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 39409 руб.

4.1.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы 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 приведен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расчет бюджета затрат НИТ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИТ	0,36	0,36	0,36	Таблица 4.4
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	57680	57680	57680	Таблица 4.5
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	88630,6	88630,6	88630,6	Таблица 4.6
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6204,1	6204,1	6204,1	Таблица 4.7
5. Отчисления во внебюджетные фонды	28924,6	28924,6	28924,6	-
6. Накладные расходы	39409	39409	39409	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИТ	223249,2	223249,5	223250	Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 4.9 основные затраты НИТ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

4.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Проведем сравнительную оценку характеристик вариантов исполнения в таблице 4.10.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле 4.13

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.13)$$

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

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах, либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (таблица 4.11).

Таблица 4.10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,25	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	5	5
3. Надежность	0,20	4	4	5
4. Воспроизводимость	0,25	4	5	5
5. Материалоемкость	0,15	5	5	4
Итого	1	4,55	4,8	4,8

Таблица 4.11 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,52	0,74	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	4,8	4,8
3	Интегральный показатель эффективности	8,75	6,49	4,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,35	1,82

В данной работе наиболее эффективным исполнением с позиции финансовой и ресурсной эффективности является третий вариант получения полых стеклянных микросфер.

Список публикаций студента

1. Мухортов Е. С., Абрамов А. О., Резвая Е. А. Получение строительных материалов неавтоклавного твердения // Проблемы геологии и освоения недр: труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 150-летию со дня рождения академика В.А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, Томск, 1-6 Апреля 2013. - Томск: Изд-во ТПУ, 2013 - Т. 2 - С. 677-679.