

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Геополимерные материалы с использованием природного сырья

УДК 1:678:553.04

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Егер Алина Юрьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Ревва Инна Борисовна			

Томск – 2020 г.

Запланированные результаты обучения

по основной образовательной программе подготовки бакалавров

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), CDIO(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
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), CDIO (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
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), CDIO (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i>	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3) (ОК-9, ОК-10, ОК-13, ПК-4, 7, 10, 12 -17, 26) CDIO (п.1.3, 4.4, 4.7)
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), CDIO (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую	Требования ФГОС

	эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	(ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5) CDIO (п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<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), CDIO (п. 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), CDIO (п. 2.4)
P9	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п.2.2), CDIO (п. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3) CDIO (п. 4.7, 4.8, 3.1)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

В форме: **на выполнение выпускной квалификационной работы**

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6А	Егер Алина Юрьевна

Срок сдачи студентом выполненной работы: _____

Геополимерные материалы на основе природного сырья
 Утверждена приказом директора (дата, номер) _____

<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>Провести литературный обзор по тематике выпускной квалификационной работы. В экспериментальной части описать использованное оборудование, предоставить методики проведения экспериментов, проанализировать полученные результаты, сделать выводы. Объекты исследования: Объектом исследования является геополимерный бетон.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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>Введение, литературный обзор, методика проведения экспериментов, результаты исследования, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность, заключение.</p> <p>Задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> -поисковые исследования современного состояния в области геополимеров; -расчет состава геополимера на основе перлита; -получение образцов по рассчитанному составу.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальный анализ</p>	<p>Ревва Инна Борисовна</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Кашук Ирина Вадимовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p> </p>
--	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	к. х. н.		11.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Егер Алина Юрьевна		11.04.2020

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	9
ВВЕДЕНИЕ	10
1.ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	12
1.1 Сырьевые материалы для получения геополимеров	12
1.1.1 Природное сырье	12
1.1.2 Техногенные сырьевые материалы	13
1.2 Процессы, протекающие при производстве геополимеров	20
1.3 Особенности технологии получения геополимерных материалов	24
2. Методы исследования	28
2.1 Определение модуля жидкого стекла ускоренным методом	28
2.1.1 Приготовление растворов фтористого натрия и хлористого калия	28
2.1.2 Проведение испытания	28
2.1.3 Обработка результатов	29
2.2 Определение прочности при сжатии	30
2.3 Определение водостойкости материалов	33
3. Экспериментальная часть	36
3.1 Характеристика исходных материалов	36
3.1.1 Характеристика используемого природного сырья	36
3.1.2 Характеристика используемого сырья – зольного остатка	40
3.2 Разработка состава геополимера	45
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	50
Введение	50

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	51
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений	51
4.1.2. SWOT-анализ	53
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	55
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	55
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	57
4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	61
4.3.1 Расчет амортизации специального оборудования	62
4.3.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	63
4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	65
4.3.4 Накладные расходы	65
4.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	65
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	67
5 Социальная ответственность	70
Введение	70
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	71
5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства.	71
5.1.2. Основные требования к компоновке рабочей зоны исследователя	71
5.2. Профессиональная социальная безопасность	72
5.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	73
5.2.1.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны	73

5.2.1.2 Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	73
5.2.1.3 Электрический ток	74
5.2.2. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	74
5.3. Экологическая безопасность	75
5.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	75
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	77
5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	77
5.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	77
5.4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	80
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	81

РЕФЕРАТ

Данная выпускная квалификационная работа выполнена на 80 страницах, содержит 13 рисунков и 23 таблицы. Использовано 50 источников. Ключевые слова: геополимер, геополимерный бетон, сырьевые материалы. Объектом исследования является геополимерный бетон, полученный при смешении зольного остатка Северской ТЭС и перлита.

Целью данной работы является установление возможности получения геополимерного материала на основе природного перлита и золосодержащих отходов Северской ТЭС.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: поисковые исследования современного состояния в области геополимеров; расчет состава геополимера на основе перлита; получение образцов по рассчитанному составу. Область применения: строительство.

ВВЕДЕНИЕ

Геополимеры являются одной из разновидностей новых вяжущих широкого назначения, которые получают при активации алюмосиликатного сырья природного и техногенного происхождения.

Сфера строительства является отраслью с наиболее высокими затратами ресурсов. Разработка технологий, позволяющих применять промышленные отходы как сырье для производства строительных материалов, одна из наиболее важных задач развития инновационной экономики. Термин «геополимер» предложил французский исследователь Джозеф Давидович в 1970г. Он получил геополимер на основе алюмосиликатного минерального сырья, который обладает температурно- и жаростойкой альтернативой традиционным полимерам.

Геополимерные материалы, полученные в результате щелочной обработки техногенного или природного сырья, таких, как золы ТЭС, шлаки, красный шлам, метакралин, полевошпатные горные породы и др. подобного недостатка не имеют. Преимуществами технологии геополимеров в сравнении с технологией портландцемента являются отсутствие высокотемпературного обжига и выделений углекислого газа при диссоциации карбонатного сырья, а также возможность использования отходов различных отраслей промышленности. Расход энергии и эмиссия углекислого газа при производстве геополимерного вяжущего в несколько раз ниже, чем при производстве цемента.

Несмотря на значительные преимущества геополимерных вяжущих, они пока не находят широкого применения в строительстве. Это связано с тем, что, влияние состава сырьевых материалов и технологических параметров на свойства геополимерных материалов исследовано еще недостаточно полно, поэтому их прочностные и другие характеристики, а также долговечность не всегда имеют прогнозируемый характер. Для создания и устойчивого развития отрасли геополимерных строительных

материалов необходимы накопление и системный анализ данных о влиянии различных факторов на свойства, что позволит создать научнопрактические основы промышленных технологий геополимерных материалов различного строительного назначения.

1.ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Сырьевые материалы для получения геополимеров

В исследованиях бесклинкерных вяжущих щелочной активации, механизм их структурообразования исследован все еще неполностью. Данное утверждение будет справедливо, хотя и в меньшей степени, и для портландцемента, структурообразованию которого посвящены сотни научных трудов, однако многие аспекты структурообразования цемента еще до сих пор не понятны [1]. Выявлены следующие сложности исследования механизма твердения вяжущих щелочной активации: продукты и шлаки их реакции с щелочами, а также всеобразование в геополимерах – как правило аморфные вещества, структуру и состав которых достаточно сложно исследовать методами рентгеновской спектроскопии. для получения вяжущего используются отходы производства, такие, как золы, шлаки, состав и свойства которых непостоянны, так как они являются побочными, а не основными продуктами промышленности;

1.1.1 Природное сырье

Рассмотрим природное сырье для получения материалов из геополимера. Вяжущие вещества на основе магматических горных пород. При изучении механизма структурообразования геополимерных материалов выявляются сложности с отсутствием достоверных экспериментальных методик идентификации процессов, которые протекают при твердении этих вяжущих. Помимо этого в научнотехнической литературе очень мало информации о воздействии различных факторов на свойства геополимерных вяжущих на основе магматических горных пород. Некоторые аспекты затвердения геополимерного вяжущего на основе магматических горных пород исследованы не полностью [1]. Магматические горные породы описываются высокой инертностью по отношению ко многим химическим

веществам, несмотря на это, они могут растворяться в растворах с последующей геополимеризацией, концентрированных щелочных [2].

Полученные на базе магматических горных пород вяжущие [3, 4, 5, 6, 7, 2] имеют характеристики, схожие с характеристиками геополимеров на Каолинит, добавленный в щелочной раствор, выполняет роль (Na, K)-полисиликатной матрицы, которая встраивается в порообразующие частицы и происходит повторное растворение молекул, по существу образуется аморфный кремнезем. Каолинит играет важную роль при взаимодействии с поверхностями порообразующих частиц. Введение в состав вяжущего на основе магматических горных пород добавки шлака в количестве 8...30 % дает значительный прирост прочности и позволяет получить вяжущее, которое при продолжительном насыщении водой прочности. При рассмотрении исследованных магматических пород как инертный компонент, то затверждение вяжущего происходит при срастании частиц измельченных горных пород за счет заполнения пространства между ними продуктами реакции шлака и щелочного активатора. Роль магматической породы на ранних стадиях твердения сводится в основном к снижению усадочных деформаций в матрице продуктов реакции шлака и щелочного активатора. Из-за низкой химической активности горных пород при их взаимодействии с щелочным активатором вклад этого фактора в структурообразование вяжущих проявляется на более поздних стадиях твердения.

1.1.2 Техногенные сырьевые материалы

Рассмотрим технологию производства известного строительного материала – бетон. На сегодняшний день на его основе изделия и конструкции претерпевают развитие и усовершенствование. Геополимеры на основе зол ТЭС Зола, процессе сжигания топлива, проходит кратковременную термическую обработку при высокой температуре 1200...1600 °С. Быстрое охлаждение золы способствует

образованию значительной доли стекловидных фаз. [8] Частицы имеют развитую внутреннюю поверхность и при помоле легко измельчаются. В органическое и неорганическое вещество. Последнее представлено несгоревшим углем.

Зола ТЭС – это неорганическая часть угля и других видов твердого ископаемого топлива, остающаяся после его сжигания. Минеральная часть углей представле глинистыми минералами, слюдами, кварцем. Зола состоит в основном из дисперсных частиц сферической формы размером от 1 до 100 мкм Химический состав зол представлен в основном оксидами кремния, алюминия и кальция. В качестве второстепенных зола содержит оксиды железа, магния, серы, натрия и калия. Минеральный состав включает стекловидные фазы, а также кристаллические составляющие, такие, как различные модификации кварца, мелилит, волластонит. Содержание в золе несгоревших углеродистых частиц, характеризуемое потерями при прокаливании, может достигать 30 %. Не все золы обладают химико-минералогическим составом, приемлимым для получения геополлимерных материалов. Как правило используются золы с минимальным содержанием СаО и высоким содержанием оксида алюминия и кремния [9]. Для производства геополлимерного вяжущего на основе золы в качестве модифицирующего компонента, используется доменный гранулированный шлак [10, 11], доля которого в вяжущем имеет 50 % и более. Для геополлимерных вяжущих на основе зол-уноса и метаксаolina, активированных растворами щелочных силикатов, предпочтительно твердение при тепловой обработке [12, 13, 14, 11, 15, 16].

Эффективность тепловой обработки таких вяжущих повышается с увеличением температуры и продолжительности твердения. В различных источниках [17, 18, 19] рекомендуется назначать продолжительность твердения около 7...48 часов, температурный интервал 20...80 °С. Портландцемент – является основным общестроительным вяжущим

веществом. Производство данного вяжущего считается энергоемким и сопровождается значительным содержанием выбросов CO₂. В процессе производства цементного клинкера при разложении сырьевого компонента получается 0,53 кг CO₂/1 клинкера, при этом 0,37 кг подвергается выделению за счет сгорания топлива.

Выходит, что общая нагрузка, приходящаяся на окружающую среду, составляет 0,8 т CO₂ / 1 тонну клинкера. Ежегодно происходит увеличение объемов производства, и применения цемента, что является угрозой для общества. На сегодняшний день существуют несколько направлений по производству клинкера, основанные на увеличении эффективности печей и помольных установок, а также применении альтернативного источника сырья и топлива, улавливании и использовании CO₂. В последнее время в области производства цемента достигаются значительные успехи, но такое направление является почти исчерпывающим. Уменьшение количества клинкера в цементе происходит при использовании минеральных добавок искусственного происхождения при совместном улучшении качества гранулометрического состава цемента. Можно сказать, что оно выходит на «технологическое плато». Значит, главной задачей при современном строительном материаловедении считается создание альтернативных вяжущих и строительных материалов.

В таблице 2.1 показаны различные комбинации твердых прекурсоров и щелочных активаторов для получения вяжущих

Таблица 2.1 – Твердые прекурсоры и щелочные активаторы для получения вяжущих

	МОН	M ₂ O*rSiO ₂	M ₂ CO ₃	M ₂ SO ₄	Другое
Доменный шлак	приемлемый	желательный	хороший	приемлемый	

Зола-уноса	желательный	желательный	слабый (приемлемый только в присутствии цемента)	Только при наличии цемента	NaAlO ₂ приемлемый
Кальцинированные глины	приемлемый	Желательный	Слабый	Только в присутствии цемента	-
Синтетические стекла	Приемлемый/ желательный в зависимости от состава стекла	желательный			

Фосфорные шлаки		Желательный			
Золотошлаковые отходы, твердые городские отходы, зола мусоросжигательных заводов		приемлемый			

Один из путей решения таких проблем заключается в разработке и широком внедрении в производстве бетонов на вяжущих щелочной активации (ААМ), а также с применением геополимерных вяжущих (геополимерный бетон).

Вяжущие щелочной активации – вяжущие системы, где основа представляет собой тонкодисперсные аморфные или кристаллические алюмосиликатные материалы, подвергающиеся затвором растворами щелочей или солей при щелочной реакции.

Есть отличия по химическому составу и структуре портландцементного камня и затвердевшего геополимерного вяжущего. Кальциево-силикатный гидrogель является продуктом гидратации цемента. Данный гидrogель характеризуется слоистой тоберморитоподобной структурой, которая формируется листами, состоящими из кальциево-кислородных октаэдров и цепочек из тетраэдров SiO₄ и AlO₄. Геополимерный камень – каркасный алюмосиликат, состоящий из

тетраэдров SiO_4 и AlO_4 .

Геополимеры – подкласс ААМ. В них вяжущие свойства характеризуются высоко координированными алюмосиликатами. С целью образования геля первичная фаза, которая имеется в наличии вступающих в реакцию количество ионов кальция должно быть пониженным. За счет этого формируется псевдоцеолитные сетчатые структуры, которые заменяют цепи образованных гидросиликатов кальция. Для геополимеров в роли прекурсоров применяют низкокальцевые кальцинированные глины, а активаторы – гидроксиды.

По химическому составу и структуре портландцементного камня и затвердевшего геополимерного вяжущего есть отличия. Продуктом гидратации цемента является кальциево-силикатный гидрогель. Данный гидрогель характеризуется слоистой тоберморитоподобной структурой, которая формируется листами, состоящими из кальциево-кислородных октаэдров и цепочек из тетраэдров SiO_4 и AlO_4 . Геополимерный камень – каркасный алюмосиликат, состоящий из тетраэдров SiO_4 и AlO_4 .

Минеральными составляющими для производства могут быть алюмосиликатные материалы техногенного происхождения. К ним относятся золы, шлаки, и другие отходы производства.

Геополимеры сходны с цеолитами по химическому составу, но обнаруживают аморфную микроструктуру. Они образуются путем сополимеризации отдельных видов оксида алюминия и силикатов, которые возникают в результате растворения кремний- и алюминийсодержащих исходных материалов при высоком рН в содержании растворимых силикатов щелочных металлов. Геополимеризация может преобразовать большой спектр отходов алюмосиликатных материалов в горнодобывающие и строительные материалы с превосходными химическими и физическими свойствами, такими как огнестойкость и кислотостойкость. Геополимеризация природных минералов Al – Si была исследована с целью определения влияния свойств минералов на прочность

и на сжатие синтезированного геополимера. Минералы Al – Si растворимы в концентрированном растворе щелочи, причем степень растворения в гидроксида натрия выше, чем в среде гидроксида калия. Статистический анализ показывает, что каркасные силикаты дают более высокую степень растворения в щелочном растворе, чем цепная, листовая и кольцевая структуры. В целом, минералы с более высокой степенью растворения демонстрируют лучшую прочность на сжатие после геополимеризации. Использование КОН вместо NaOH способствует геополимеризации в случае всех минералов. [20]

На сегодняшний день геополимерные вяжущие, имеющие в составе легкие и тяжелые бетоны, не нашли широкого применения. Основной причиной является сложность технологии получения геополимерных композитов. Он предполагает сочетание технологии приготовления связующего и строительного материала на его основе. В то же время технология получения большинства композитов с использованием традиционных аналогов связующего (цемент, гипс и др.) предусматривает использование готового связующего в качестве сырьевого компонента. Поэтому в каждом конкретном случае для каждого типа алюмосиликатного компонента, щелочного активатора и типа армирующего элемента (щебень, песок, волокнистые материалы и т. д.) необходимо выбирать оптимальные технологические параметры, обеспечивающие необходимые свойства строительного композита. [21]

На сегодняшний день разработаны шлакощелочные вяжущие, которые в зависимости от вида щелочного активатора, дисперсности шлака и условий твердения обладают прочностью от 40 до 150 МПа, морозостойкостью - от 250 до 1000 циклов.

Преимуществом бетона на шлакощелочном вяжущем является его высокая жаростойкость, водонепроницаемость, устойчивость к действию агрессивных сред, незначительные энергозатраты, низкая стоимость сырьевых компонентов, их широкое распространение, а также возможность

использования для производства бетона менее качественного заполнителя с повышенным содержанием глинистых и пылеватых частиц. Повышение долговечности вяжущих и бетонов связано с образованием в структуре материала низкоосновных гидросиликатов кальция и цеолито- подобных новообразований щелочного и щелочно-земельного состава. [22]

1.2 ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГЕОПОЛИМЕРОВ

Геополимеры образуются в ходе протекания реакций геополимеризации алюмосиликатных соединений в сильнощелочной среде. Дж. Давидовиц считает [23], что реакция получения геополимеров идет в три стадии:

1- происходит растворение оксидов кремния и алюминия в щелочной среде

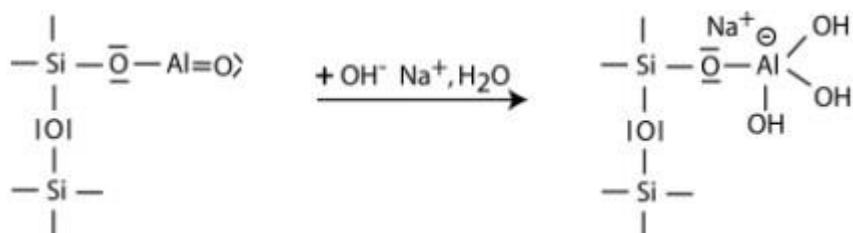
– концентрированном растворе NaOH или KOH;

2 – расщепление природных полимерных структур на мономеры;

3 – схватывание и уплотнение в результате превращения мономеров в полимерные материалы. В твердеющих геополимерах постепенно образуются трехмерные алюмосиликатные структуры с эмпирической формулой $M \{-(Si-O)_z-Al-O\} n \cdot w \cdot H_2O$, где M – это атомы или катионы K, Na или Ca; n – степень поликонденсации; z равно 1, 2, 3 или более. Структуру материала образуют тетраэдры $[SiO_4]^{4-}$ и $[AlO_4]^{5-}$, связанные между собой кислородными мостиками. Соединения Si–O–Al замыкаются в цепи и кольца. Положительные ионы (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}) компенсируют отрицательно заряженным четырехкоординатным Al.

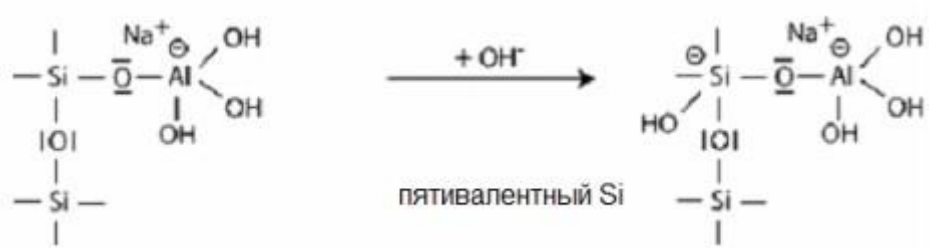
Изучив результаты исследований твердения геополимеров, Davidovits [24] описывает механизм химических реакций, проходящих при их структурообразовании, через взаимодействие с NaOH или KOH в 7 стадий:

□ На стадии один, при начальном взаимодействии со щелочью, образуется четырехвалентный Al в боковой группе силатов $-Si-O-Al(OH)_3-Na^+$:



На стадии 2, начинается растворение щелочи с добавлением к атомам кремния гидроксильных групп OH^- , в результате чего

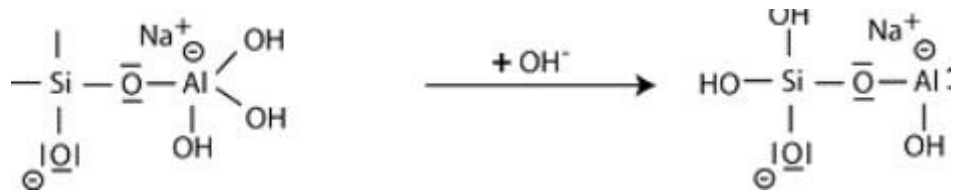
увеличивается валентность электронов до пятивалентного состояния:



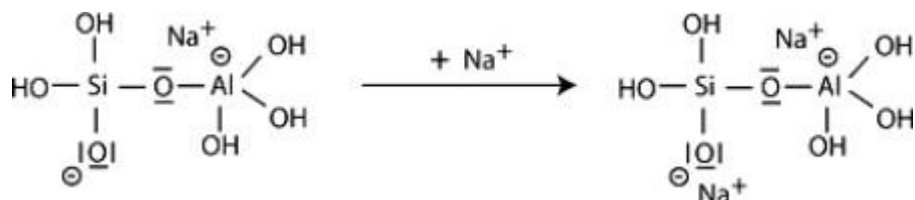
На стадии 3, происходит отщепление кислорода, содержащегося в силоксане --Si--O--Si , путем передачи электрона от Si к O с образованием промежуточных силановых групп --Si--OH и основных силоксогрупп Si--O-- :



На стадии 4 продолжается образование силановых групп Si--OH , образуются ортосилаты, которые являются первичными зародышами геополимеров:

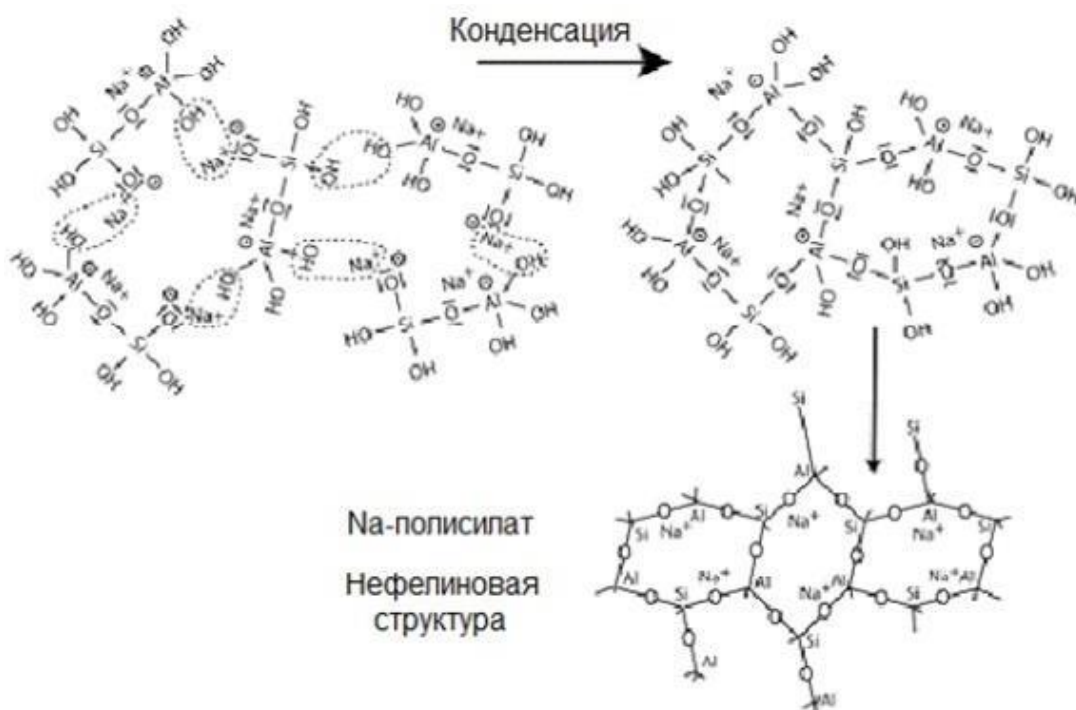


На стадии 5 основные соединения Si--O-- вступают во взаимодействие с катионами натрия Na^+ , в результате чего образуются простые (концевые) связи Si--O--Na :



При использовании в качестве активатора NaOH на стадии 6

происходит конденсация между ортосилатными молекулами, реакционноактивными группами Si-ONa и гидроксоалюминатными группами OH-Al с получением NaOH и образованием циклотрисилатных структур, в результате чего щелочь NaOH высвобождается и снова вступает в реакцию поликонденсации с образованием натрий-полисилатных нефелиновых структур:



В присутствии жидкого стекла (растворимый Na-полисилат) на шестой стадии при конденсации молекул дисиликата и ортосиликата, реакционноактивных групп Si-ONa, Si-OH и гидроксоалюминатных групп OH-Al- образуется ортосилатно-дисилоксовая циклическая структура, где щелочь NaOH выделяется и реагирует снова:



1.3 ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Технология получения геополимерных материалов является одним из наиболее перспективных направлений развития энерго- и ресурсосберегающих технологий.

На первой стадии получения геополимерных материалов на основе природного алюмосиликатного сырья предусматривается его измельчать, чтобы получить удельную поверхность $320 \text{ м}^2/\text{кг}$, а затем такое сырье подвергается обжигу при 750°C . После обжига получается вяжущее, которое перемешивают с уже приготовленным щелочным раствором. Природное алюмосиликатное сырье – каолины или полевошпатовые горные породы.

На рисунке 2.1 показано получение различных вяжущих.

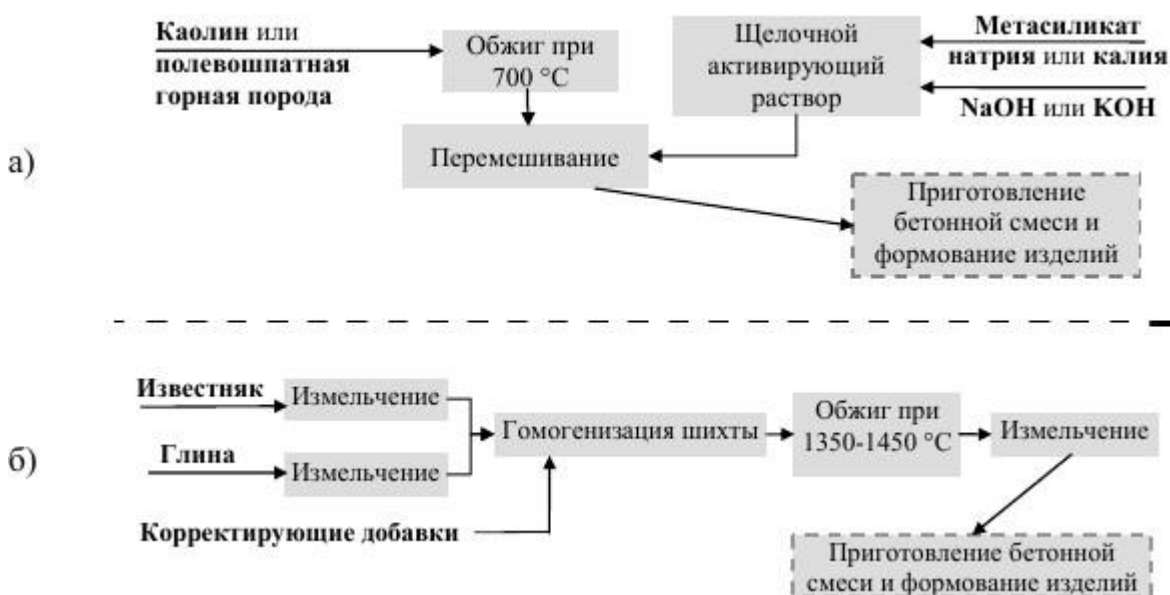


Рисунок 2.1 – Схема получения вяжущих;

А) геополимерные на начальных этапах развития; Б) портландцемент

На основе метакеолина геополимерная смесь получается жесткой и сухой. Получается, что при однородном перемешивании такой смеси применяют бетоносмеситель принудительного действия. Данный процесс требует значительного затраты времени. Получается

однородная, равномерно разогретая смесь, имеющая хорошую удобоукладываемость и небольшую вязкость.

Технология получения геополимерного вяжущего представляет собой процессы: смешивания исходных компонентов вяжущего в сухом виде, добавления щелочного компонента и повторного перемешивания. Такой способ получения применяют для геополимерных материалов на основе зон- уноса, шлака и метаксаолина.

Другой способ получения вяжущих заключается в следующем. Изначально вводят в метаксаолин раствор гидроксида калия. Затем полученную смесь перемешивают 10 мин. К такой смеси добавляют шлак и еще раз подвергают перемешиванию продолжительностью 5 мин.

Полученная формовочная смесь с помощью метода виброуплотнения получают образцы-изделия. Их несколько часов выдерживают при

комнатной температуре. Затем их направляют в пропарочную камеру, чтобы

Рисунок 2.2 – Схема получения полимерного вяжущего



смесь затвердела при 90⁰С. На рисунке 2.2 показана схема получения полимерного вяжущего.

По данной схеме предусмотрены следующие этапы получения полимерного вяжущего. Операции заключаются в:

1. Тепловой активации обжиге минералов глины, которые способствуют высокоэнергетическим преобразованиям;
2. Щелочной активации глинистых минералов;
3. Расщеплению глинистых минералов;

4. Разрушении мономеров в растворе;
5. Уплотнении мономеров в устойчивые соединения;
6. Получении неорганического полимера. [25]

2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ЖИДКОГО СТЕКЛА УСКОРЕННЫМ МЕТОДОМ

Метод основан на последовательном титровании раствором соляной кислоты жидкого натриевого стекла и раствором гидроксида натрия до получения бесцветного раствора.

2.1.1 Приготовление растворов фтористого натрия и хлористого калия

60 г фтористого натрия и 100 г хлористого калия взвешивают с погрешностью не более 0,5 г, переносят в коническую колбу вместимостью 2000 см³ и добавляют из мерного цилиндра 1000 см³ дистиллированной воды. После суточного отстаивания раствор фильтруют.

2.1.2 Проведение испытания

В коническую колбу вместимостью 250 см³ вводят пипеткой от 5 до 7 капель исследуемого раствора жидкого стекла и добавляют из мерного цилиндра 70-80 см³ дистиллированной воды и 5-7 капель раствора смешанного кислотно-основного индикатора. Исследуемый раствор титруют раствором соляной кислоты 0,5 моль/дм³ с применением бюретки с ценой деления 0,01 см³ вместимостью 2 и 5 см³ до изменения зеленоватоголубой окраски в фиолетовую (V). Затем добавляют из мерного цилиндра 50 см³ раствора смеси фтористого натрия и хлористого калия, после чего добавляют из бюретки с ценой деления 0,1 см³ вместимостью 25 см³ раствор соляной кислоты 0,5 моль/дм³ до изменения зеленоватоголубой окраски в устойчивую фиолетовую (). Избыток кислоты оттитровывают 0,5 моль/дм³ раствором гидроксида натрия до перехода фиолетового цвета в зеленоватоголубой

2.1.3 Обработка результатов

Силикатный модуль (M) вычисляется по формуле $M = \frac{V_1 - V_2}{V_3}$ где V_1 - объем раствора соляной кислоты, использованный при титровании, см ; V_2 - объем добавленного раствора соляной кислоты, см; V_3 - объем раствора гидроксида натрия, использованный при титровании, см. Проводят не менее двух параллельных испытаний. За результат испытания принимают среднеарифметическое результатов параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 1%.

2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ

Рассмотрим несколько способов определения прочности геополимеров при сжатии. В состав вяжущего на основе магматических горных пород вводят добавки шлака с содержанием 8...30%, что приводит к значительному приросту прочности и получению вяжущего, которое ~~зат~~ продолжительного насыщения водой не будет терять прочность. (Рисунок 2.3). [7]

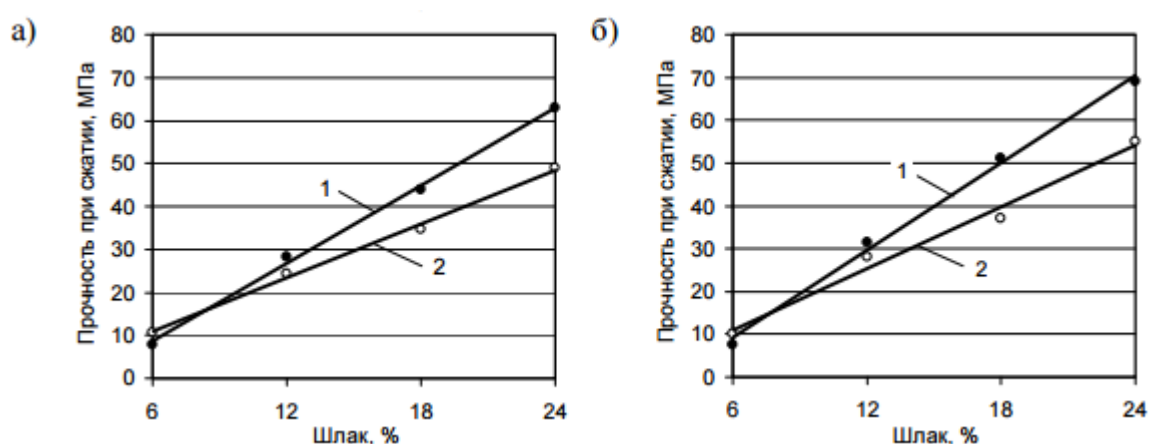


Рисунок 2.3– Влияние дозировки шлака на прочность при сжатии вяжущего на основе базальта (а) и гранита (б) при твердении в воде (1) и во влажных условиях (2)

По полученным экспериментальным данным показано, что влияние удельной поверхности различных горных пород со шлаком на прочность вяжущих, которые твердели в течение 28 суток, зависит прямолинейно, т.е. имеет линейный характер. (Рисунок 2.4)

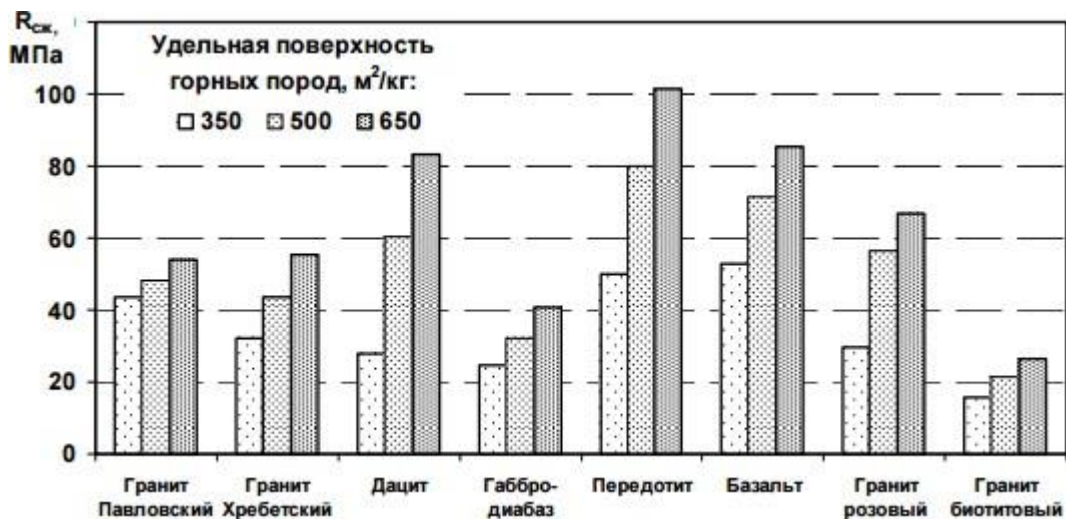


Рисунок 2.4 – Зависимость прочности вяжущих при сжатии от удельной поверхности горных пород

По данной зависимости показано, что данные исследованные породы – активный компонент вяжущего, активность которых может различаться. [8] Проведено исследование, которое заключается в прочности при сжатии геополимеров на основе шлака и добавки базальта, твердеющие при нормальных условиях в течение 90 суток. (Рисунок 2.5)

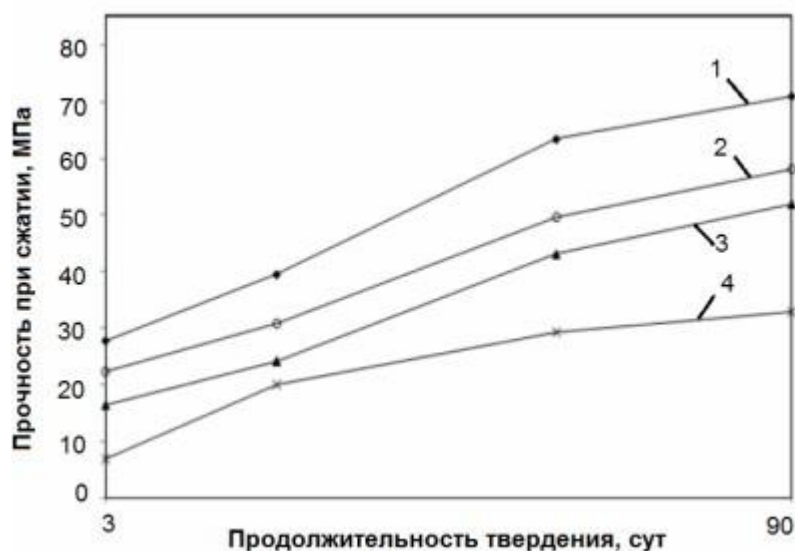


Рисунок 2.5 – Прочность при сжатии геополимеров на основе шлака и добавки базальта в зависимости от продолжительности твердения при соотношении жидкое

стекло:вода=1/1:

1. шлакощелочное вяжущее;
2. шлакощелочное с 20% добавкой базальта;
3. шлакощелочное с 40% добавкой базальта;
4. шлакощелочное с 80% добавкой шлака.

С повышением времени твердения увеличивается прочность при сжатии геополимеров. Базальт – алюмосиликатный материал, имеющий в своем составе содержание Ca^{2+} . Это приводит к снижению прочности вяжущих. [26] На рисунке 2.10 показана прочность при сжатии геополимерных материалов на основе шлака и базальта, твердевшие в сухих и влажных условиях.

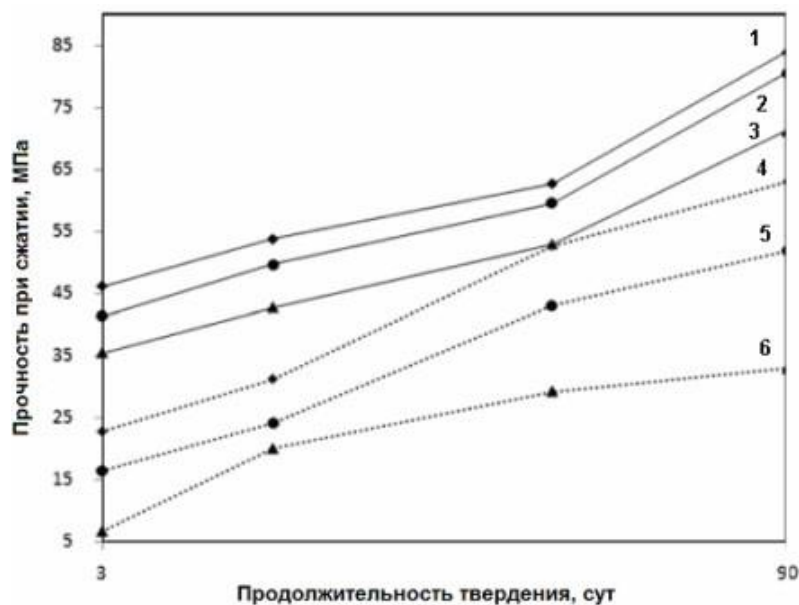


Рисунок 2.6 - Прочность при сжатии геополимерных материалов на основе шлака и базальта, твердевшие в сухих и влажных условиях при содержании базальта 20%, 40%, 60%

Прочность при сжатии высушенных образцов больше, чем прочность образцов без сушки. Данный эксперимент проводился при 1050С в течение 24ч. Процесс сушки при такой температуре увеличивает скорость геополимеризации и ускоряет гидратацию. [22]

2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ

В данный момент проведены исследования по воздействию параметров состава геополимера на основе магматических горных пород, а также условия отверждения на свойства вяжущего. Основным компонентом является отсев дробления щебня горных пород таких, как: габбро-диабаз, базальт, перидит, дацит и граниты различных месторождений. Горные породы подвергали измельчению с удельной поверхностью, равной 200- 650 м² /кг на приборе ПСХ-2.

Модифицирующими добавками были гидроксид алюминия, доменный гранулированный шлак, каолин и метаксаолин. Активаторами отверждения считались раствор гидроксида натрия и раствор низко модульного силиката натрия. В зависимости от состава вяжущих приготавливали образцы в форме цилиндра с диаметром 25 мм. Их изготавливали при прессовании при 25 МПа. По исследованиям такие вяжущие твердели в нормальных условиях и при тепловой обработке в течение 6 ч. После процесса затвердения горных пород с помощью добавления раствора гидроксида натрия получается жесткая смесь. Вяжущие с помощью процесса активации раствором гидроксида натрия подвергаются отверждению при тепловой обработке с температурой до 800 °С. Их прочность увеличивается до 83 МПа. При понижении температуры отверждения прочность снижается в 4 раза. Исследование с применением низко модульного силиката натрия не дает получать вяжущее, которое твердеет в нормальных условиях при стандартной консистенции вяжущей смеси. Вяжущие, которые подвергались тепловлажной обработкой в течение 10 ч при температуре до 600 °С, набирали прочность 38 МПа. При увеличении температуры до 1050 °С прочность повышается на 50-70%. Исследования, которые проводились для вяжущих, которые активированы гидроксидами или силикатами щелочных металлов, имеют недостаток. Он

заключается в способности вяжущих твердеть при небольших водовяжущих отношениях, приводящих к получению жесткой консистенции вяжущего теста. Это приводит к отформированию при процессах вибропрессования и прессования. Для увеличения водостойкости вяжущих добавляют гидроксид алюминия, каолина, метакаолина, доменного шлака. Они приводят к повышению водостойкости вяжущих. (Рисунок 2.7)

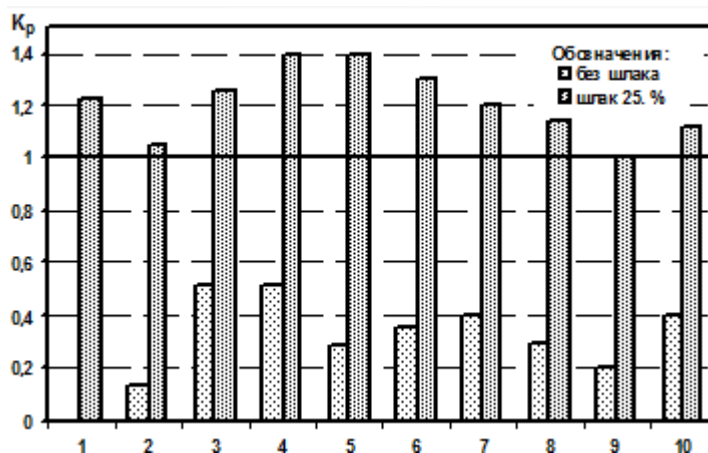


Рисунок 2.7- Коэффициент размягчения геополимерного камня на основе различных горных пород без добавки и сдобавкой шлака, активированных низкомодульным жидким стеклом, после насыщения образцов водой в течение 60 сут:

1. гранит Павловский;
2. гранит Хребетский;
3. перидотит;
4. базальт;
5. гранит розовый;
6. гранит с роговой обманкой;
7. гранит биотитовый;
8. гранит плагиоклазовый;
9. габбро-диабаз;
10. дацит

Такие вяжущие характеризуются низкой водостойкостью, имеющая коэффициент размягчения $K_p=0,52$. [27]

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6А	Егер Алина Юрьевна

Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	НОЦ Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
<i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
<i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

Перечень графического материала

Оценка конкурентоспособности ИР
Матрица SWOT
Диаграмма Ганта
Бюджет НИ
Основные показатели эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Егер Алина Юрьевна		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖЕМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

4.1 ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОЗИЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Геополимерные материалы, концепция структурообразования которых была предложена в 1979 году французским исследователем Джозефом Давидовитцем, в последние годы переживают активное развитие. Если еще 15-20 лет назад за год издавалось несколько работ, посвященных различным аспектам исследования геополимеров и разработке технологии их производства, то за последнее время наблюдается экспоненциальный рост числа таких публикаций.

Интерес ученых и инженеров к геополимерам объясняется технологическими и эксплуатационными характеристиками этих материалов. На ранних этапах развития геополимеров на их основе создавались дорогостоящие материалы с высокими эксплуатационными характеристиками для авиационной, автомобильной и других отраслей. Позже процессы геополимеризации стали использоваться для синтеза недорогих строительных материалов на основе зол ТЭЦ, шлаков, отходов добычи и переработки горных пород и других промышленных отходов.

Геополимеры одна из разновидностей новых минеральных гидравлических вяжущих широкого назначения, получаемых щелочной активацией алюмосиликатного сырья природного и техногенного происхождения. Геополимеры представляют собой альтернативные портландцементу вяжущие, обеспечивающие определенное решение проблем ресурсов энергосбережения и экологии.

Наиболее активно геополимеры исследуются в странах с высоким уровнем научно-технического развития и значительными объемами

образующихся в различных отраслях промышленности минеральных отходов. К числу таких стран относятся Франция, США, Австралия, Германия, Чехия, Китай, Индия, Япония и др.

Наша страна имеет большие запасы минерального сырья и развитую горную промышленность, работа которой сопряжена с образованием значительного количества отходов. Основная масса этих отходов не находит применения и хранится в отвалах, создавая определенные экологические проблемы в местах их складирования. Лишь незначительная часть отходов горной промышленности используется в качестве заполнителя для бетонов и строительных растворов, а также отсыпки грунта.

Судя по количеству ежегодно публикуемых научно-исследовательских работ, посвященных геомолимерам, в настоящее время интерес к ним очень высокий, особенно за рубежом [28]. По мнению некоторых авторов, геополимеры могут стать альтернативой ПЦ, после того как будут преодолены трудности технического характера, связанные с их производством. Эти предположения в определенной мере могут быть оправданы, если создание геополимеров рассматривать, прежде всего, как эффективный в экономическом и экологическом отношении способ утилизации минеральных отходов и побочных продуктов промышленности – золы-уноса, металлургических (доменных) шлаков, золы рисовой шелухи. В основном числе случаев именно эти материалы рассматриваются в качестве активных твердых компонентов в синтезе геополимеров. при создании технологий, учитывающих рациональное обращение с промышленными отходами как сырьем для производства вяжущих веществ, широкое использование вяжущих щелочного типа может оказаться экономически и практически целесообразным.

Примеры отраслей, где может быть использована продукция на базе геополимерных материалов:

- Общестроительные работы
- Сейсмостойкие здания и сооружения

- Бетонные блоки
- Дорожное строительство
- Бетонные тротуарные плитки
- Зеленое строительство экологичных домов
- Бетонные полы
- Высокопрочные фибробетоны
- Емкости и резервуары для различных жидкостей
- Железобетонные изделия
- Мостовые конструкции
- Железобетонные шпалы
- Модульное домостроение
- 3D-печать
- Канализационные системы
- Различные инфраструктурные проекты
- Огнестойкие системы
- Системы инкапсуляции радиоактивных веществ и отходов
- Морские сооружения
- Сваи, фундаменты и другие подземные сооружения
- Нефтегазохимические конструкции
- Архитектурные конструкции
- Дизайн, архитектура и декоративные изделия
- Столешницы, панели и другие изделия из бетона
- Теплоизоляционные материалы.

На сегодняшний день основными потребителями полимерных материалов являются предприятия по изготовлению геополимерного цемента, геополимерных плит и блоков: «Армстрой Крым», «Геобетон»,

4.1.2. SWOT-анализ

SWOT-анализ организации направлен на выявление угроз и возможностей, которые могут возникнуть во внешней или внутренней среде проекта, и сильных и слабых сторон, которыми обладает проект.

Методология SWOT-анализа предполагает сначала выявление сильных и слабых сторон, а также угроз и возможностей, а далее - установление цепочек связей между ними, которые в дальнейшем могут быть использованы для формулирования стратегий НИР.

Таблица 2 - SWOT-анализ

<p>Возможности</p> <ul style="list-style-type: none"> -использование современной информационной литературы; - дешевое и доступное сырьё; - низкая степень конкуренции. 	<p>Угрозы</p> <ul style="list-style-type: none"> - колебания спроса и уровня цен на вторичные материальные ресурсы; - появление новых конкурентов
<p>Сильные стороны</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокая рентабельность; - гибкие конкурентоспособные тарифы; - современно оборудование; - высокое качество продукции. 	<p>Слабые стороны</p> <ul style="list-style-type: none"> - существенная зависимость от рынка потребителей. - начальный этап выхода на рынок; - дорогостоящее оборудование.

Составленная матрица SWOT-анализа позволяет сформулировать перечень первоочередных мероприятий, которые необходимо провести для совершенствования системы управления проектом. Из анализа видно, что высокая рентабельность достигается за счет дешевого и доступного сырья, низкой конкуренции, а также благодаря высокому качеству продукции.

Пересечения самых важных для проекта элементов слабых сторон и угроз, приведенные в таблице 3, выявляют центральную проблему для проекта как следствие связи данных элементов для устранения слабых сторон и подготовки к отражению возможных угроз.

Таблица 3 – Анализ важных для организации элементов.

		Возможности		Угрозы	
		Низкая степень конкуренци и	Дешевое и доступно е сырье	Колебани я спроса и уровня цен	Низкая информированнос ть населения
Сильны е сторон ы	Гибкие конкурентоспособн ые тарифы	Стратегический приоритет			
	Высокая рентабельность				
Слабые сторон ы	Существенная зависимость от рынка потребителей			Центральная проблема	
	начальный этап выхода на рынок				

Существенная зависимость от рынка потребителей на фоне колебания спроса и уровня цен на вторичные ресурсы формирует центральную проблему снижения привлекательности использования геополимерных материалов.

4.2 ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Комплекс предполагаемых исследовательских работ включает в себя выполнение следующих задач:

- необходимо определить структуру работ в рамках проводимого исследования;
- определить участников выполнения каждой работы;
- установить продолжительность работ;

- построить график проведения отдельных этапов исследования.

Для выполнения данного исследования (проекта) необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят научный руководитель, бакалавр (исполнитель) и инженер. Для каждой из запланированных работ, необходимо выбрать исполнителя этой работы.

Разработанный список задач и производимых работ, в рамках проектирования, а также распределение исполнителей по этим работам, представлен в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Список производимых задач и работ и их исполнители

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по проекту	Руководитель, инженер
Теоретические исследования	5	Анализ возможных вариантов исполнения устройства и компьютерное моделирование	Инженер
	6	Разработка стенда в соответствии с выбранным исполнением и проведение испытаний	
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Контроль и координирование проекта	8	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель, инженер

Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка принципиальной схемы	
	10	Технико-экономические расчеты	Инженер
	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Основная часть стоимости разработки проекта составляется из трудовых затрат, поэтому важно определить трудоемкость работ всех участников разработки проекта.

Несмотря на то, что трудоемкость зависит от трудно учитываемых параметров, т.е. носит вероятностный характер, ее можно определить экспертным путем, в «человеко-днях». Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости $t_{ожцi}$ определяется по формуле:

$$t_{ожцi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{максi}}{5},$$

где $t_{минi}$ – минимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является оптимистичной оценкой: при удачном стечении обстоятельств), чел.-дн.; $t_{максi}$ – максимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является пессимистичной оценкой: при неудачном стечении обстоятельств, чел.-дн.

На основании расчетов ожидаемой трудоемкости работ, необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожцi}}{q_i},$$

где $Ч_i$ – количество исполнителей, одновременно выполняющих поставленную задачу, чел.

По всем работам результаты расчета продолжительности в рабочих днях представлены в таблице 5

Таблица 4.1 - Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
		t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Разработка технического задания	0,3	0,3	0,6	0,6	1	1	Р	0,3	0,3	0,4	0,4
		0,3	0,3	0,6	0,6	1	1	И	0,3	0,3	0,4	0,4
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	2	2	1,1	1,1	Р	0,6	0,6	0,7	0,7
		0,5	0,5	2	2	1,1	1,1	И	0,6	0,6	0,7	0,7
3	Календарное планирование работ по теме	1	1	1,5	1,5	1,2	1,2	Р	0,6	0,6	0,7	0,7
		1	1	1,5	1,5	1,2	1,2	И	0,6	0,6	0,7	0,7
4	Подбор и изучение материалов	5	5	10	10	7	7	Р	3,5	3,5	4,3	4,3
		5	5	10	10	7	7	И	3,5	3,5	4,3	4,3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	4	4	6	6	4,8	4,8	И	4,8	4,8	5,9	5,9
6	Проведение экспериментов	5	5	10	10	7	7	И	7	7	8,5	8,5
7	Получение опытных образцов	7	7	10	10	8,2	8,2	И	8,2	8,2	10	10
8	Лабораторные испытания опытных образцов	2	2	3	3	2,4	2,4	И	2,4	2,4	2,9	2,9
9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическим и исследованиям и	4	4	5	5	4,4	4,4	Р	2,2	2,2	2,7	2,7
		7	7	10	10	8,2	8,2	И	4,1	4,1	5	5
10	Оценка эффективности полученных результатов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2,1	2,1
		5	5	7	7	5,8	5,8	И	2,9	2,9	3,5	3,5
11	Составление пояснительной записки	8	8	12	12	9,6	9,6	И	9,6	9,6	11,7	11,7

На основе таблицы 4.1 был построен календарный план-график проведения НИОКР.

Таблица 4.2 – Календарный план-график проведения НИОКР

№	Вид работ	Исполнители	T _{ki} дн	Продолжительность выполнения работ															
				Январь		Февраль			март			апрель			май				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Разработка технического задания	Руководитель, инженер	0,4																
			0,5																
2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер	0,7 0,7																
3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер	0,7 0,7																
4	Подбор и изучение материалов	Руководитель, Инженер	4,3																
			4,3																
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	6																
6	Проведение экспериментов	Инженер	8,5																
7	Получение опытных образцов	Инженер	10																

8	Лабораторные испытания опытных образцов	Инженер	2,9																
9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, инженер	2,8 5																
10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер	2,1 3,5																
11	Составление пояснительной записки	Инженер	11,7																

Руководитель	Инженер

4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Расчет материальных затрат НТИ Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

Где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{рас\,xi}$ – 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.); kT – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 4.3 – Материальные затраты

Наименование	Кол-во, кг	Цена за единицу, руб/кг	Сумма, руб.
Перлит	1	4000	4000
Зола	0,500	2000	1000
NaOH	0,500	270	135
Жидкое стекло	0,500	452	226
Всего за материалы			5361
Транспортно-заготовительные расходы (3-5 %)			323
Итого по статье См			5684

4.3.1 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме. Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k}$$

Где C_n – первоначальная стоимость оборудования; Ha – норма амортизации, %; n – число проработанных месяцев; k – количество месяцев в году. Число проработанных месяцев n берем из расчета того, что на НТИ инженером было затрачено 1248 ч = 1,73 месяца.

$$A_1 = \frac{15000 \cdot 8 \cdot 1,73}{100 \cdot 12} = 173 \text{ руб.}$$

$$A_2 = \frac{15000 \cdot 7 \cdot 1,73}{100 \cdot 12} = 152 \text{ руб.}$$

$$A_3 = \frac{270000 \cdot 8 \cdot 1,73}{100 \cdot 12} = 3114 \text{ руб.}$$

$$A_4 = \frac{90000 \cdot 10 \cdot 1,73}{100 \cdot 12} = 1298 \text{ руб.}$$

$$A_5 = \frac{140000 \cdot 10 \cdot 1,73}{100 \cdot 12} = 2019 \text{ руб.}$$

Таблица 4.4- Расчет амортизации оборудования

№	Наименование оборудования	C_n , руб	Ha , %	A , руб
1	Весы аналитические Веста В153	15000	8	173
2	Пресс гидравлический	15000	7	152
3	Щековая дробилка ШД-10	270000	8	3114
4	Печь муфельная	90000	10	1298
5	Вытяжной шкаф	140000	10	2019
Итого		-	-	6756

4.3.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

Где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$). Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

Где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

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 наудотехнического персонала, раб. дн.

В таблице 5.4 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 4.5 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
– выходные дни:	44	48
– праздничные дни:	14	14
Потери рабочего времени		
– отпуск	56	28
– невыходы по болезни	2	2

Действительный фонд рабочего времени	годовой 249	273
---	----------------	-----

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

Где Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (30% от Z_{tc}); 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 4.6

Таблица 4.6 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_{tc} , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	34000	0,3	0,2	1,3	66300	2770	16	44320
Инженер	26500	0,3	0,2	1,3	51675	1968	44	86592
Всего:								130912

Дополнительная заработная плата составляет 15% от основной заработной платы.

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 4.7

Таблица 4.7 - Общая заработная плата исполнителей

Исполнители	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зп}$, руб.
Руководитель	44320	19636,8	150548,8
Инженер	86617		

4.3.3 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 отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.4 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

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

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

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

$$Z_{\text{внеб}} = 0,16 \cdot (5684 + 6756 + 130937 + 39740) = 29298,72$$

4.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.8

Таблица 4.8 - Расчет бюджета затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	
		Исп. 1	Исп. 2

1	Материальные затраты НИИ	5684	
2	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	6756	
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	44320	86592
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6648	12988,8
5	Отчисления во внебюджетные фонды	45164,64	
6	Накладные расходы	33304,55	
7	Бюджет затрат НИИ	241457,99	

Как видно из таблицы 4.8 основные затраты НИИ приходятся на заработную плату исполнителей темы, на отчисления во внебюджетные расходы и накладные.

4.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ (РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ), ФИНАНСОВОЙ, БЮДЖЕТНОЙ, СОЦИАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

Где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0.10	4	3	3
2. Сложность технологии	0.10	4	4	4
3. Термофизические свойства	0.25	5	4	3
4. Надёжность	0.15	4	4	4
5. Энергосбережение	0.25	5	5	4
6. Материалоёмкость	0.15	5	3	2
Итого:	1			

Рассчитанная сравнительная ресурсоэффективность разработки представлена в таблице 4.9

Из расчетов выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги. Так как данный проект является только научной разработкой и началом исследования, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным.

Таблица 4.10 – Сравнительная ресурсоэффективность разработки

	Текущий проект	Исп. 1	Исп. 1
I_{pi}	5,55	3,6	3,75

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является улучшение свойств и структуры керамических материалов для реализации на международных рынках, как наиболее предпочтительных и рациональных, по сравнению с остальными;

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 90 дня, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 76 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 12;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 241457,99 руб;

4. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

- Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,55, по сравнению с 3,6 и 3,75;

- Так как данный проект является только научной разработкой и началом исследования, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным.
- В целом, данный проект является перспективным с точки зрения ресурсопотребления, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования местных недорогих сырьевых материалов и возможное достижение требуемых характеристик.