

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

Институт Физики Высоких Технологий
Направление подготовки Химическая технология
Кафедра технология силикатов и наноматериалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Исследование процессов получения алюмосиликатных пропантов на основе глиносодержащего сырья	

УДК 666.762.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Потапова Анастасия Павловна		

Руководитель

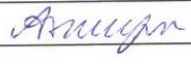
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Вакалова Татьяна Викторовна	Д.Т.Н.		7.06.16

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	К.Э.Н.		01.06.2016

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		31.05.2016

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТСН	Погребенков Валерий Матвеевич	Д.Т.Н.		7.06.16

Томск – 2016 г.

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) Химическая технология
Кафедра Технологии Силикатов и Наноматериалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Погребенков В.М)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:	Бакалаврская работа
----------	----------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Потапова Анастасия Павловна

Тема работы:

Исследование процессов получения алюмосиликатных пропантов на основе глиносодержащего сырья	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.03.2016 г, 2267/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	3.06.2016
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные литературного обзора
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальный анализ	Вакалова Т.В.
Финансовый менеджмент	Верховская М.В.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Вакалова Т.В.	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Потапова Анастасия Павловна		

**ПЛАНИРУЕМЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 180301 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
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.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

Институт	Физики высоких технологий
Направление подготовки (специальность)	180301 «Химическая технология»
Кафедра	Технология силикатов и наноматериалов
Уровень образования – бакалавр	
Период выполнения – осенний/весенний семестр	2015/2016 учебного года

квалификационная работа

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Должность	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
Профессор кафедры ТСН	Вакалова Т.В.	д.т.н		

Зав. Кафедрой	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
Профессор кафедры ТСН	Погребенков В.М	д.т.н		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 77 страниц, 6 рисунков, 16 таблиц, 21 литературных источников.

Целью выпускной работы является исследование процессов активации спекания полусухарного каолина при использовании мокрого помола и модифицирующих добавок для производства высокопрочных алюмосиликатных пропантов. Сравнение влияния на процесс активации каолина измельчением сухого и мокрого помолов.

Были поставлены и решены следующие задачи:

- Исследование влияния каустического магнезита, пиритных огарков и концентрированного марганца на процесс уплотнения и упрочнения каолина;
- Исследование влияния добавок на процесс фазообразования природного сырья;
- Исследование использования данной добавки в технологии получения прочных алюмосиликатных пропантов;
- Сравнение влияния на процесс активации каолина при спекании среды помола.

Ключевые слова: алюмосиликатные пропанты, каолин (каолинит), модифицирующие добавки, высокодисперсный порошок, спекание, мокрый помол, сухой помол.

Первая часть выпускной квалификационной работы состоит из общих сведений о применении пропантов, исходном сырье, физико-химических процессов, протекающих при нагревании каолина.

Вторая часть работы состоит из основных методов исследования характеристик сырья и получаемого изделия.

Третья часть работы состоит из обработанных результатов исследования физико-химических свойств каолина. Сравнение эксплуатационных свойств изделий, получаемые путем мокрого и сухого помолов.

В качестве приложения к выпускной квалификационной работе были исследованы такие аспекты как ресурсоэффективность и социальная ответственность рассматриваемой темы.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	10
1.1 Назначение и условия службы пропантов	10
1.2 Условия службы, свойства и характеристика пропантов	15
1.2.1 Классификация пропантов	15
1.2.2 Свойства пропантов	16
1.2.3 Требования к керамическим пропантам	18
1.3 Сырьевые материалы для производства алюмосиликатных пропантов	19
1.4 Процессы фазообразования керамических материалов из каолинов и огнеупорных глин	21
1.4.1 Характеристика системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2$	21
1.4.2 Характеристика структуры и свойств муллита	25
1.4.3 Фазовые изменения, происходящие при нагревании каолина	26
1.5 Спекание алюмосиликатной керамики и способы ее активации	29
1.6 Технологические особенности получения керамических пропантов	33
2 ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ	36
2.1. Рентгеновский анализ	36
2.2. Определение водопоглощения	38
2.3. Определение воздушной и огневой усадки	39
2.4. Определение предела прочности при сжатии обожженных образцов	40
2.5. Определение насыпной плотности пропантов.....	41
2.6. Определение сопротивления пропантов к раздавливанию	42
2.7. Определение сферичности и округлости пропантов	43
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	46
4.1.1. Структура работ в рамках научного исследования	46
4.1.2. Определение трудоемкости выполнения работ	47
4.1.3. Разработка графика проведения научного исследования	48
4.1.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	54
4.1.4.1. Материальные затраты.....	54
Таблица 4.4 – Затраты на материалы	54
4.1.4.2. Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ.....	54
4.1.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы	56
Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.8.....	57
4.1.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	58
4.1.4.5. Накладные расходы	58
4.1.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	59

4.2. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	59
Введение	62
5.1 Производственная безопасность	63
5.2 Экологическая безопасность	70
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	72
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	74
Публикации	75
Список литературы	76

ВВЕДЕНИЕ

Термин "керамика" пришло из древнегреческого языка κέραμος – глина. Под керамикой подразумевают материалы и изделия, получаемые из неорганических материалов (глины) с минеральными добавками.

Основные компоненты глиняных пород являются: оксиды алюминия, циркония, бериллия, магния, карбиды кремния и бора, нитриды алюминия, кремния и другие.

Одно из перспективных направлений применения алюмосиликатной керамики (керамика на основе оксидов алюминия и кремния) это расклинивающие агенты (керамические пропанты), применяемые для увеличения нефтеотдачи пластов при проведении операции гидравлического разрыва пласта (ГРП).

Пропант предотвращает смыкание трещины разрыва, таким образом они должны иметь высокие показатели эксплуатационных свойств. На практике, алюмосиликатные пропанты на основе калинов и огнеупорных глин обладают невысокой прочностью, в связи с высоким содержанием в них стекловидной фазы и потерей массы при прокаливании.

Главное направление при получении высокопрочных пропантов служит увеличение кристаллической фазы и уменьшение содержания стеклообразующих компонентов в материале, подбор добавок, которые обеспечивали минимальную пористость после обжига.

В настоящее время на территории России нет крупного производства алюмосиликатных пропантов. Кроме, ООО «Форэс», Свердловская обл., ЗАО «Трехгорный керамический завод», Челябинская обл., Боровичского комбината огнеупоров, Новгородская область. В связи с этим, российские компании по добыче нефти или газа закупают пропанты за рубежом. Поэтому, возрастает актуальность разработки составов высокопрочных алюмосиликатных пропантов на основе природного сырья.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Назначение и условия службы пропантов

Значение нефти и природного газа в экономики немаловажна. Продукты переработки нефти и газа находят применение в многочисленных ветвях нашей жизни. Работа любого транспорта осуществляется за счет жидкого топлива. Кроме того, нефть и газ применяется для изготовления химических продуктов, синтетических материалов и так далее.

Нефть это горячее полезное ископаемое представляющее собой маслянистую жидкость, состоящая из смеси углеводородов различного строения. Молекулы нефти могут быть в виде цепей углеводорода (короткие и длинные, нормальные и разветвлённые, соединенные в кольца). В состав нефти, помимо углеводородов, входит малое число кислородных, азотистых и сернистых соединений. Природный газ, так же, как и нефть, находятся в недрах земли, как отдельно, так и вместе. Природный газ представляет собой смесь метана, этана и пропана.

В местах восходящих потоков магмы происходит разделение вещества, и там формируются месторождения. В местах нисходящих потоков магмы земная кора прогибается, там происходит отложение осадков и создается возможность для образования газа и нефти. Изначально осадочные горные породы образовывались в виде горизонтальных слоев, называемые пластами. Слоистость – характерный признак осадочных пород. Формирование одного слоя за другим, в конечном итоге, образует месторождения нефти и природного газа.

Разработка месторождений – это обеспечение процесса движения нефти и газа в пласте к забою (поверхность отбитой горной породы, перемещающаяся в процессе каких-либо горных работ) эксплуатационной скважины. Разработка должна вестись минимальным числом скважин, обеспечивать высокую конечную нефтеотдачу пласта и минимальную

себестоимость добычи. В большинстве случаев при разработке месторождений нефти и природного газа удается извлечь около 30% полезных ископаемых.

В настоящее время применяются различные методы интенсификации притоков флюидов (смесь нефти, газа и воды, растворенные в них соли и минералами), такие как кислотная обработка, разрушение взрывом или гидроразрыва пласта (ГРП). Гидроразрыв пласта начал применяться в России и за рубежом в 1948 году. В настоящее время этот метод является стандартным методом для интенсификации нефтеотдачи в плохо проницаемых пластах. Также этот метод является наиболее эффективным среди остальных методов.

В процессе работ по гидроразрыву пласта (рис. 1.1) обслуживающая компания закачивает в скважину большой объем жидкости для разрыва под высоким давлением, что приводит к появлению трещин в породе.

Стандартным веществом для разрыва является гель, образованный водой и полимерами, дающими вязкие растворы при перемешивании с водой. Чтобы свести к минимуму степень повреждение пластов, используют жидкости для разрыва на углеводородной основе или на основе пены с пузырьками азота или углекислого газа. Транспортировка жидкости для гидроразрыва осуществляется в массивных трейлерах.

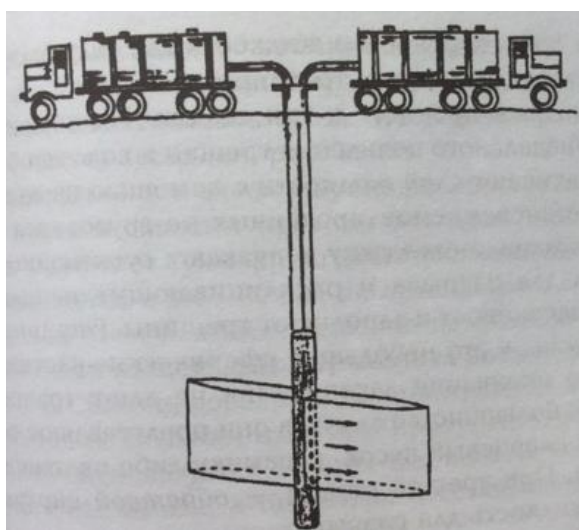


Рисунок 1.1 [1] – Гидроразрыв пласта

Гидроразрыв проводят в три стадии. На первой стадии, для первоначального появления трещин в коллекторе в скважину закачивают слой жидкости с помощью нескольких насосных установок, смонтированных на грузовиках. Горные пласты, которые окружают скважину, находятся в напряженном состоянии, которое обусловлено массой лежащих вышних пород и процессами, протекающих в тектонических плитах. Совокупность этих напряжений называется горным давлением. Помимо горного давления, существует пластовое давление. Такое давление испытывают поры и трещины горных пород, заполненные газом и нефтью. При использовании гидроразрыва пласта возникает гидравлическое давление. Когда это гидравлическое давление превосходит суммарное давление пласта, то прочность горной породы уменьшается. Таким образом, происходит растрескивание горной породы в стволе скважины. Причем, трещина возникает в той точке, где сумма гидравлического давления и сопротивлений наименьшая (рис. 1.2).

На следующей стадии в скважину запускают суспензию – смесь жидкости для разрыва и расклинивающих наполнителей, которые расширяют и заполняют трещины. Расклинивающие наполнители – это небольшие сферические частицы, которые после окончания закачивания не дают трещинам закрыться. В большинстве случаев они представляют собой однородный кварцевый песок или керамику. Трещины, образующиеся при гидроразрыве, должны раскрываться, достаточно для того, чтобы воспринимать поток жидкости вместе с расклинивающими наполнителями. Стенки разлома стремятся сойтись, поэтому расклинивающие агенты должны оставаться в трещине как можно дольше, чтоб стенки разлома оставались открытыми.

При третьей стадии – обратной циркуляции – удаляют жидкость для разрыва.

В некоторых случаях для разрыва используют жидкости с межмолекулярными связями, обладающие достаточной вязкостью для

переноса расклинивающих наполнителей. Для того чтобы снизить вязкость такой жидкости на стадии обратной циркуляции, в скважину закачивают еще одну жидкость – разбавитель.

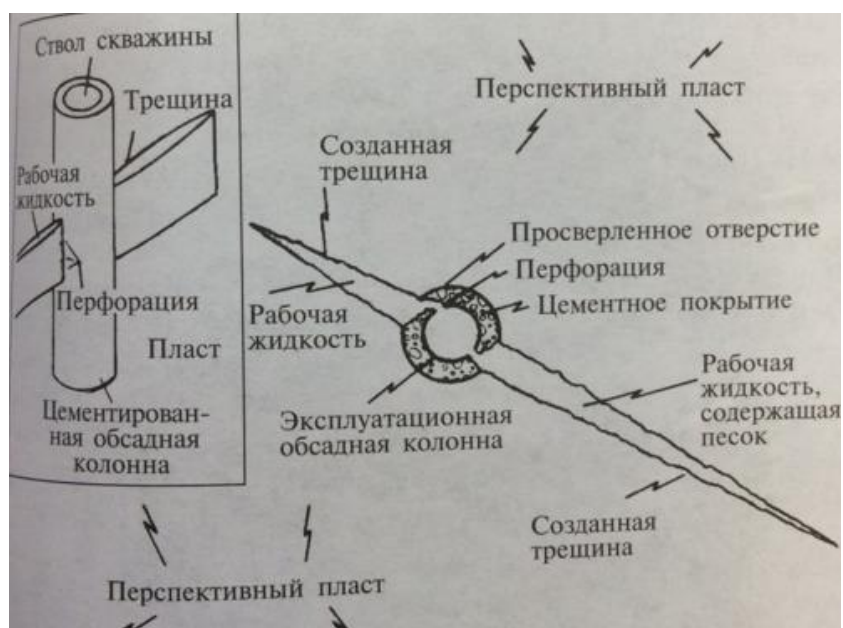


Рисунок 1.2 [2] – Принцип гидроразрыва пласта.

Формации средней твердости и твердые лучше всего поддаются гидроразрыву, так как в неуплотненных отложениях расклинивающие наполнители не держат трещины раскрытыми.

Все оборудование, используемое в процессе гидроразрыва доставляют на скважину на автомобилях. Смешивают и хранят жидкости для разрыва в специальных цистернах. Смешивание жидкости с наполнителями осуществляется в смесителе. Автомобильные насосные установки присоединяют к коллектору, чтобы создать повышенное давление и закачать в скважину первую порцию жидкости и суспензии. К устью скважины иногда присоединяют устьевой изолятор для защиты устья от влияния высокого давления и абразивного действия расклинивающих наполнителей. Контроль за процессом и его регулированием осуществляют из контрольного пункта.

Гидроразрыв (ГРП) – это широко распространенная технология интенсификации притока флюидов, она помогает повысить и дебит, и суммарную добычу скважины. Темп добычи повышается в 1,5-30 раз [2] по сравнению с начальным уровнем, при этом наиболее высокие показатели

наблюдаются в плотных коллекторах. Он используется во всех газонасосных коллекторах из плотного песчаника, а также для восстановления стенок ствола скважины после повреждения.

За время существования скважины, в ней можно проводить гидроразрыв несколько раз. Однако в некоторых случаях, это может привести к непредвиденным последствиям, разрушению пласта, затоплению скважины водой.

К керамическим расклинивающим наполнителям, как уже было отмечено, относится керамика, а именно, керамические пропанты.

Внешне керамический пропанты представляют собой сыпучий материал, состоящие из маковых зерен. Каждое маковое зерно, гранула, – это алюмосиликатное изделие, полученное методом высокотемпературного обжига. В процессе обжига, а именно в процессе спекания, гранулы приобретают высокую механическую прочность.

Область применения пропанта определяется совокупностью начальных условий, в которых технические свойства материала проявляются с максимальным эффектом. К таким начальным условиям относятся: глубина скважины, температура и давления внутри пласта (горное и пластовое), заводненность, нефтегазонасыщенность.

Пластовое давление прямо пропорционально зависит от глубины скважины, плотности воды и ускорения сила тяжести. Так как две последние величины постоянные, то самым главным показателем, от которого будет зависеть давление – это глубина скважины. Именно этот показатель оказывается определяющим в выборе прочности пропанта.

Нефтегазонасыщенность и заводненность пласта оказывают влияние на вязкость флюидов, от которой зависит выбор плотности материала. Эффективность проведения интенсификации пласта зависит от правильно выбранного материала, который будет удовлетворять всем вышеперечисленным характеристикам.

1.2 Условия службы, свойства и характеристика пропантов

Горный пласт обладает своими уникальными свойствами, поэтому пропанты, должны подбираться для каждого месторождения на основании конкретной ширины и глубины разрыва пласта. Однако, независимо от разновидности пропантов, к ним предъявляется такое эксплуатационное свойство – высокая прочность при низких значениях насыпной плотности.

1.2.1 Классификация пропантов

В основном, есть два вида расклинивающих агентов (табл. 1.1) – это естественные пески и искусственные керамические пропанты [3].

Таблица 1.1 [4] – Категории пропантов, используемые в гидроразрыве.

Материал	Описание
Естественные пески	Преимущества: невысокая стоимость, доступность как материала. Такой вид пропантов пригоден практически для всех типов пластов. При хранении не образует крупные частицы, не теряют высокую проницаемость. Недостатки: низкая проницаемость, невысокая прочность.
Искусственные пропанты	Синтетические материалы, получаемые путем спекания природного сырья. Искусственные (керамические) пропанты, при воздействии на них давления, разбиваются на малое количество крупных осколков, которые сохраняют приемлемую проницаемость. Преимущества: высокая прочность при сжатии. Недостатки: высокая плотность, высокая стоимость.

Все чаще и чаще применение песка на более большие глубины нерентабельно, поэтому там свое применение находят искусственные пропанты.

1.2.2 Свойства пропантов

К важнейшим характеристикам пропантов относятся такие показатели как: прочность, размер зерен, сферичность и окатанность, плотность и пористость гранул, растворимость в смеси кислот.

Для горных пластов характерны высокие значения горного и пластового давлений, поэтому основным критерием для керамических расклинивающих агентов при их подборе для гидроразрыва пласта является их прочность. В глубоких скважинах преимущественно образуются вертикальные трещины, так как минимальное напряжение – горизонтальное.

Выбор необходимого размера гранулы пропанта определяется рядом факторов [5]. Проницаемость упаковки керамического пропанта в трещины напрямую зависит от размера гранулы. Проницаемость тем выше, чем крупнее гранула. Но если при интенсификации будут использовать крупные пропанты, то расклинивающие агенты будут проблемно перемещаться вдоль трещины. Прочность пропанта, также зависит от его размеров. Прочность уменьшается при увеличении размера гранулы пропанта, а это нежелательное условие при их эксплуатации. Кроме того, более крупная фракция постепенно «засоряет» трещину при выносе мелкодисперсных частиц, и проницаемость снижается. Поэтому применение пропанта мелкой фракции в слабосцементированных коллекторах оставляет за собой преимущество. Основными фракциями, на которые классифицируются пропанты являются: 12/20, 16/20, 16/30, 20/40.

Пористость и упаковка гранул определяются такими немаловажными свойствами как сферичность и окатанность гранул пропанта. Сферичность пропанта показывает, насколько гранула близка к форме идеальной сферы, окатанность характеризуется тем, насколько грани пропанты остры. Помимо

того, что пористость и проницаемость определяются размером гранул, они определяются и показателями окатанности и сферичности. При больших нагрузках высокие параметры окатанности и сферичности обеспечивают высокие показатели пористости и проницаемости. Так же при высоких нагрузках гранулы более идеальной формы будут обеспечивать более ровно нагрузку в пачке пропанта, следовательно, они меньше разрушаются.

Расположение и перенос пропанта вдоль трещины определяются плотностью агента. При транспортировке пропанта в трещине во взвешанном состоянии труднее поддерживать пропанты более высокой плотности. «Заполнение трещины пропантом высокой плотности может быть достигнуто двумя путями: использованием высоковязких жидкостей, которые транспортируют пропант по длине трещины с минимальным его осаждением, или использованием маловязких жидкостей при повышенном темпе их закачки [6]». Для решения проблемы пропантов с плотностью, иностранные фирмы стали производить агенты с пониженной плотностью.

Пористость представляет собой безразмерную величину, равная незанятому фракцией объему материала. Чем меньше пористость, тем больше прочность на раздавливание и меньше хрупкость.

При бурении и эксплуатации скважины проницаемость прибойной зоны пласта, в том числе и закрепленных пропантом трещин после гидроразрыва, снижается вследствие загрязнения ее буровым раствором в процессе бурения, наплыва мелких частиц породы, выпадения солей из пластовой жидкости, присутствия остатков геля. Все эти кислоты воздействуют на пропанты. Это приводит к изменению основных свойств пропантов, соответственно влияет на прочность, проводимость и проницаемость во время проведения гидроразрыва.

Совокупность физико-механических и химических свойств пропантов в сильной степени влияет на эффективность проводимого гидроразрыва пласта. Одно из основных влияний на эти свойства оказывает состав шихты.

1.2.3 Требования к керамическим пропантам

Метод интенсификации добычи нефти и газа ГРП остается одним из наиболее эффективных методов в наше время. В связи с этим, к вспомогательным материалам (гель и пропанты) предъявляют высокие требования.

Физико-механические и химические показатели пропантов должны соответствовать требованиям, описанными в таблице 1.2.

Пропант для заполнения трещин при гидравлическом разрыве пласта должен удовлетворять показателям высокой механической прочности, иметь высокую округлость и сферичность для лучшей проницаемости, обладать высокой стойкостью в среде с высокой температурой и кислотонасыщенностью, быть легким.

Таблица 1.2 [7] – Требования к основным свойствам пропантов

Показатель	Показатель для фракции			
	12/20	16/20	16/30	20/40
Размер гранул пропанта, мм	1,7-0,85	1,18-0,85	1,18-0,60	0,8-0,425
Насыпная плотность пропанта, г/см ³ , не менее	1,9			
Сопротивление раздавливанию, %, не более	25			10
Давление р.s.i. (МПа)	10000 (68,9)			
Округлость гранулы пропанта, условные единицы, не менее	0,7			
Сферичность гранулы пропанта, условные единицы, не менее	0,7			
Растворимость пропантов в смеси кислот, %, не более	6			

1.3 Сырьевые материалы для производства алюмосиликатных пропантов

Силикаты – важнейшие породообразующие минералы, составляющие 80% массы земной коры. Они являются частью магматических, метаморфических и некоторых видов осадочных горных пород [8]. Особое место по значению в производстве керамических материалов, в том числе и в производстве алюмосиликатных пропантов, занимают глинистые материалы, слагающие нередко мощные толщи глинистых пород, входящие в состав алюмосиликатов.

Каолины – представляют собой мономинеральные глины, состоящие из минерала каолинита $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Каолины в виде светлых тонов, обладают сравнительно малой пластичностью. Рентгеновские исследования показали, что у каолинов осадочного происхождения проявляется различная степень неупорядоченности слоев. Это связано с нарушением стехиометрического состава каолинита. В частности, в некоторых разностях каолинита наблюдается пониженное содержание алюминия, который изоморфно замещался магнием или железом. В результате такого замещения возникает общий дефицит положительных зарядов, который балансируется извне другими катионами (обычно Ca^{2+}). Вероятно, именно этим обстоятельством объясняется повышенная катионная емкость. Предполагается, что в результате замещения алюминия более крупными катионами ослабевает водородная связь между слоями, т.к. происходит искажение решетки. Поэтому в качестве примесей встречаются кварц, полевой шпат.

Основными оксидами, входящими в химический состав каолинов, являются оксиды кремния и алюминия, но не стоит забывать и о таких оксидах как кальция и магния, которые даже при минимальном содержании в сырье негативно влияют. Именно эти оксиды определяют эксплуатационные

свойства расклинивающих агентов. Оксид кремния снижает пластичность, повышает пористость, способствует улучшению сушки. Высокое содержание кремнезёма ведет к снижению механической прочности изделий после обжига. Что несомненно негативно влияет на целостность гранул пропантов, подвергающиеся при эксплуатации большим нагрузкам из-за пластового и горных давлений. Оксид алюминия придает пропантам прочность. Высокое содержание оксида алюминия также ведет к снижению механической прочности [9].

Оксиды кальция и магния содержатся в виде карбонатов (кальцит и доломит) и сульфатов (гипс). Крупные включения негативно влияют на свойства керамических пропантов, т.к. при температуре 600-900°C происходит их разложение оксидов кальция и магния. Гидратируясь, эти соединения способствуют появлению трещин после обжига. Также эти оксиды уменьшают пластичность, огнеупорность и понижают интервал спекания.

Оксиды железа, титана и марганца в малых количествах улучшают спекаемость изделий. Однако, окрашивают их.

Высокое содержание щелочных оксидов K_2O и Na_2O , которые входят в состав полевых шпатов, способствуют процессу спекания, обеспечивают высокую прочность.

Несмотря на все многообразие глин различного минералогического состава, основным сырьем для изготовления пропантов с высокими прочностными показателями остается каолин.

1.4 Процессы фазообразования керамических материалов из каолинов

Эксплуатационные свойства керамических расклинивающих агентов (прочность, насыпная плотность, кислотостойкость и другие) напрямую зависят от их фазового состава. Источники образования кристаллических фаз, их характер и последовательность образования, также напрямую влияют на свойства керамических пропантов. Глины сложены несколькими минералами. Соотношение этих минералов между друг другом оказывают прямое влияние на природу кристаллической и стекловидной фаз, на ход полиморфных или фазовых превращений. Поэтому, исследование физико-химических процессов, протекающих при спекании глины и каолина, позволит выбрать оптимальные режима обжига и состав керамической массы для получения алюмосиликатных пропантов с необходимыми эксплуатационными свойствами.

1.4.1 Характеристика системы $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Основными элементами построения трехкомпонентных диаграмм состояния являются: треугольник концентраций, пограничные кривые с полями первичной кристаллизации, изотермы, бинодальные кривые, точки составов химических соединений.

Основой трехкомпонентной диаграммы состояния является равновесный треугольник концентраций, на сторонах треугольника откладывают содержание компонентов, которое выражается в % (мас.). Каждая вершина треугольника концентраций соответствует своему чистому компоненту, т.е. стопроцентному содержанию того вещества, обозначение которого присвоено данному углу. А в двух оставшихся вершинах этого треугольника, концентрация этого компонента будет равняться нулю.

Все поле трехкомпонентной диаграммы состояния разбито

пограничными кривыми на несколько площадей, которые называются полями первичной кристаллизации. Конкретная область поля первичной кристаллизации в данной системе соответствует определенному химическому соединению. При изменении температуры по пограничным кривым в системе происходят те или иные процессы. Они подразделяются на конгруэнтные и инконгруэнтные. На пограничных конгруэнтных кривых осуществляется физический процесс либо кристаллизации, либо плавления. На пограничных инконгруэнтных кривых происходит химическая реакция, которая сопровождается исчезновением уже присутствующих фаз в системе и возникновением новых фаз.

Температура на трехкомпонентной плоскостной диаграмме изображается в виде линий, которые равны определенной температуре (например, 100°C) – изотерм. Фазовый состав данного соединения при температуре лежит между поверхностями солидуса и ликвидуса. Состав твердой фазы при данной температуре определяется солидусной диаграммой, состав жидкой фазы определяется при помощи построения линии кристаллизации.

Все трехкомпонентные системы так или иначе состоят из двойных частных систем. Если, в одной из таких двойных систем присутствует область ликвации (область, где одновременно находятся две жидкости), то она сохраняется и в трехкомпонентной системе. Область ликвации на треугольнике обозначается в виде примыкающей к соответственной стороне треугольника концентраций области, ограниченной линией, которая называется бинодальной кривой.

Все индивидуальные химические соединения, существующие в данной трехкомпонентной диаграмме, наносят в виде точек состава. Точки составов соединений, которыми являются компоненты, образующие данную трехкомпонентную систему, наносят в углы треугольника концентраций. Точки состава, образованные двумя компонентами (бинарные соединения) наносят на сторону треугольника. Точки состава, образованные тремя

компонентами в данной системе, наносят внутри треугольника концентраций.

Современный вид трехкомпонентной диаграммы состояния $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ (рис. 1.3) предложили Э. Осборн и А. Муан.

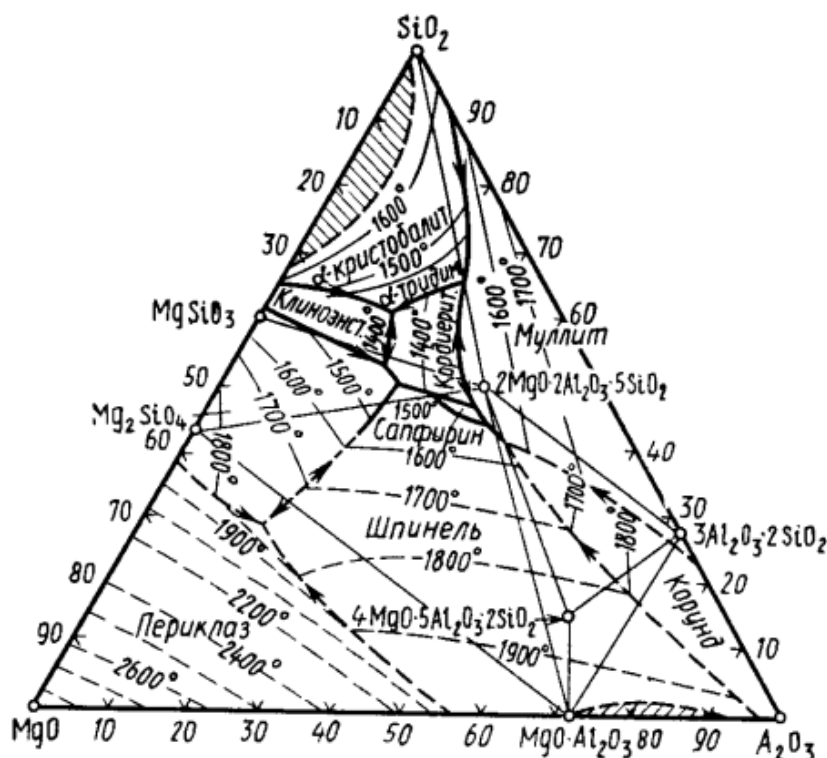


Рисунок 1.3 [10] – Трёхкомпонентная диаграмма состояния $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$

Данная диаграмма содержит три простых соединения, четыре бинарных соединения и два тройных соединения. Двойные соединения представлены $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. Тройные соединения представлены $2\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ и $4\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

Метасиликат магния $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ плавится инконгруэнтно при 1557°C , разлагаясь на форстерит и жидкость. Метасиликат магния может быть представлен в виде трех полиморфных форм: клиноэнстатит, энстатит и протоэнстатит. Расплав, представленный по составу как метасиликат магния, кристаллизуется довольно трудно, но легко осуществляет переход в стеклообразное состояние.

Ортосиликат магния $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ плавится конгруэнтно при 1890°C . Полиморфных форм не имеет. Форстерит кристаллизуется довольно легко в

виде стекла не получен. Высокая температура плавления чистого форстерита обуславливает использование его для получения огнеупоров.

Магнезиальная шпинель $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ плавится конгруэнтно при 2135°C . Также высокая температура плавления, позволяет использовать магнезиальную шпинель для производства огнеупоров.

Муллит $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, согласно более поздним исследованиям, плавится без разложения при температуре 1910°C .

Сапфирин $4\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ плавится инконгруэнтно при 1475°C , разлагаясь на жидкость и шпинель.

Кордиерит $2\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ плавится инконгруэнтно при 1540°C разлагаясь на кристаллы муллита и жидкость. Полиморфизм кордиерита довольно сложный, поэтому до конца еще не изучен. Но он образует несколько кордиеритовых фаз о которых есть некоторые данные. Они представлены высокотемпературным гексагональным α -кордиерит (метастабильная кордиеритовая фаза), низкотемпературный β -кордиерит (даже в широком интервале температур более стабильная фаза, чем α -кордиерит), метастабильные кордиеритовые фазы осумилитовая гексоганальная фаза и петалитовая фаза, μ -кордиерит (неустойчивая кордиеритовая фаза с переменным составом).

Соотношение между фазами различных разновидностей кордиерита затрудняется из-за образования переходных фаз с разной степенью упорядоченности. Температурное поле устойчивого или неустойчивого существования индивидуальных кордиеритоподобных фаз могут меняться в зависимости от их состава. «Н.А. Торопов установил, что гексагональный α -кордиерит после длительной выдержки при температуре 1400°C переходит в ромбический β -кордиерит, устойчивый до 1440°C . При 1460°C происходит обратный переход β -кордиерит в высокотемпературную α -форму [11]».

Кордиерит склонен к образованию большого количества твердых растворов путем изоморфных замещений по двум схемам: по первой схеме катионы магния и кремния замещают два катиона алюминия и по второй схеме

два катиона алюминия и катион магния замещают два катиона кремния. В результате возникают четыре вида кордиеритовых твердых растворов: кордиерит с избытком или недостатком кремнезема и кордиерит с избытком или недостатком глинозема. «Кордиерит с избытком глинозема относится уже к огнеупорным материалам. При этом сохраняется низкое значение теплового коэффициента линейного расширения, соответственно и хорошая термостойкость [11]».

1.4.2 Характеристика структуры и свойств муллита

Название муллита происходит от названия острова Mull в Шотландии [12]. Природный муллит имеет состав $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. Считается, что муллит имеет переменный состав, и соотношение $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ может колебаться в широких пределах. Существует непрерывный ряд твердых растворов $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 - 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. Кристаллы муллита представлены в виде ромбической сингонии. Для него характерен широкий круг изоморфных замещений. Особое место в образовании твердых растворов с муллитом занимают аналоги кремния и алюминия.

Облик кристаллов призматический, игольчатый. В чистом виде бесцветен. Примесями может быть окрашен в светло-зеленый (Cr_2O_3) или буровато-красные оттенки (Fe_2O_3). Спайность совершенная, блеск стеклянный. Твердость по шкале Мооса 7-7,5. В кислотах не растворяется. Разлагается сплавлением с едкими щелочами и карбонатами щелочей. С раствором азотнокислотного кобальта дает реакцию на Al. Устойчив в кислых и основных шлаках, в восстановительной среде начинает разлагаться при 1200°C . Предел устойчивости в воздушной атмосфере – 1800°C , в вакууме $1500-1700^\circ\text{C}$. Температура плавления 1850°C .

В природе встречается крайне редко. Обнаружен в продуктах пирометаморфизма. В тесной ассоциации с sillimanитом муллит может образовываться при разложении мусковита под влиянием термального

метаморфизма.

Муллит может быть получен при разложении практически всех алюмосиликатов, в том числе и каолинита.

Входит в состав многих видов алюмосиликатных огнеупоров. Муллит и муллитовая керамика относятся к огнеупорным материалам с низким коэффициентом термического расширения, т.е. высокой устойчивостью к температурному воздействию. Он обладает умеренной теплопроводностью, высоким сопротивлением сжатию и устойчивости к коррозии при высоких температурах.

1.4.3 Фазовые изменения, происходящие при нагревании каолина

Поведение чистого каолинита при нагревании привлекало большое внимание. На кривых термического анализа каолинита имеется один интенсивный эндотермический эффект, соответствующий 500-800°C и два экзоэффекта: один – значительный, острый в интервале 950-1000°C, второй – небольшой в интервале 1150-1250°C (рис. 1.4).

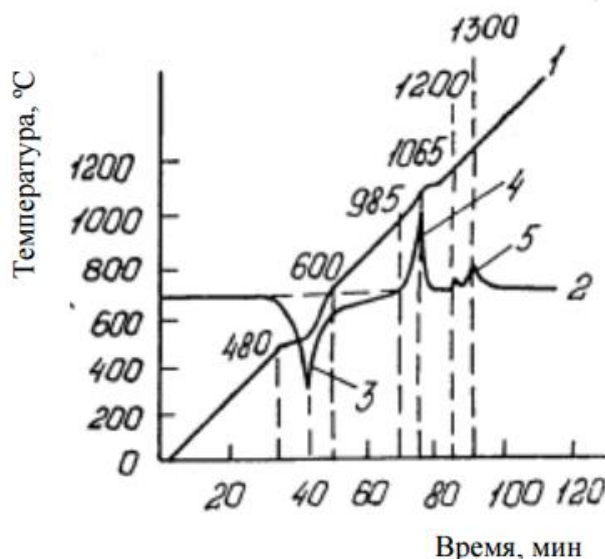


Рисунок 1.4 [13] - Кривые дифференциально термического анализа каолинита: 1 – кривая нагревания; 2 – дифференциальная кривая; 3 – эндотермический эффект; 4, 5 – экзотермические эффекты

Эндотермический эффект происходит из-за затраты тепловой энергии на отщипление химически связанной молекулы воды каолинита. Чем больше неупорядоченна структура каолинита, тем минимум эндоэффекта наблюдается ближе к 550°C. Каолин, имеющий более упорядоченную структуру имеет температуру дегидратации поближе к 700°C. [14]. Большое воздействие на смещение минимума эндотермического эффекта оказывает скорость повышения температуры, поэтому наблюдения производились при постоянной скорости нагрева. Минимум эндоэффекта соответствует примерно 75% выделившейся конституционной воды. Работа, выполненная Уайтом и его соавторами, показала, что дегидратация каолинита осуществляется приблизительно как реакция первого порядка [14].

Существует ряд исследований, в которых пытались объяснить и описать процессы, протекающих в метакаолине после 800°C. К сожалению, пока невозможно составить единообразный метод определения процессов, соответственно и получить единообразные результаты. установить единообразие ни в методах, ни в исходных объектах, ни в заключениях.

Многие исследователи в тридцатых-сороковых годах относили экзоэффект к кристаллизации промежуточной фазы $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, которая затем, реагируя с освобождающимся кремнеземом давала муллит, что и подтверждали главным образом рентгенометрическими данными, выполненными с предельной точностью [15].

Действительно, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ – соединение кубической формы. Рентгеновский анализ подтверждал наличие кубической фазы в продуктах обжига около 980°C. Так что основание для гипотезы о промежуточной фазе $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ имеется.

Бриндли и Накахира объясняли большой экзоэффект образованием промежуточной метастабильной фазы в виде алюмокремниевой шпинели как результат реакции $2(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2) \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 + \text{SiO}_2$. Высвободившийся кремнезем дает кристобалит, т.е. форму SiO_2 , которая, как предполагают, при

температурах ниже 1330°C не образуется [15]. Эти соображения были обеспечены обширным экспериментальными материалами, что это умозаключение встретило положительное отношение со стороны многих исследователей. По Бриндли и Накахира, структура алюмокремниевой шпинели такова, что ионы кремния находятся в тетраэдрах, а ионы алюминия находятся в октаэдрах. Положения, занимаемые кремнием, такие же, как и положения, занимаемые магнием в обычной шпинели. Однако, при таком распределении правило валентностей Полинга не выполняется. Кроме того, авторы отнесли экзоэффект образования фазы «шпинелевого типа» к 925°C (хотя опыт показывает наличие экзоэффекта при $960-980^{\circ}\text{C}$) и предложили считать второй экзоэффект (переход шпинели в муллит) около 1050 и 1100°C .

Второй, экзоэффект приходится в интервале $1150-1250^{\circ}\text{C}$ и не соответствует тому, который был предложен Бриндли и Накахира. В этом направлении была выполнена работа Маккензи, который применил новый метод, основанный на эффекте Мессбауера. Исследования показали, что никакой промежуточной фазы типа шпинели или другой в прокаленном каолине не было [15].

1.5 Спекание алюмосиликатной керамики и способы ее активации

При химико-технологическом процессе обжига керамики происходят разные физико-химические процессы: тепловое разложение сырьевых компонентов, химическое взаимодействие между ними, полиморфные переходы между модификациями, взаиморастворение в расплаве одних фаз и образование других. Все эти процессы сопровождаются увеличением или уменьшением каких-либо физических величин, например, масса, объем, химический и фазовый состав, плотность.

Среди всех химико-физических процессов, протекающих при обжиге, является процесс спекания, потому что именно в нем материал переходит из пористой заготовки слабосвязанных частиц в плотное тело, тем самым приобретая прочность и свои эксплуатационные характеристики.

Как говорилось выше, одним из показателей по которому судят процесс спекания дисперсных порошков, является изменение плотности: материал является спекшимся, если он в процессе обжига достигает минимальное значение водопоглощения, в свою очередь по значению водопоглощения можно судить об открытой пористости материала. Значение допускаемого водопоглощения для спекшихся материалов зависит от назначения и характера требований, предъявляемых к соответствующим изделиям. Так, материалы некоторых видов технической керамики считают спекшимися при водопоглощении не более 0,02 - 0,03 %, а огнеупоры и ряд изделий строительной керамики - при водопоглощении 1 % и более. В ходе спекания имеет место образование и рост контактов между частицами твердой фазы, уменьшение размера пор и их числа (вплоть до полного исчезновения), сопровождающиеся увеличением плотности, объединения изолированных пор, рекристаллизационное смещение границ между кристаллами, сопровождающиеся увеличением их размера. Также при спекании порошков наблюдается увеличение механической прочности.

Существует несколько фаз: газ-кристалл, газ-жидкость, жидкость-

кристалл. Именно на границе раздела фаз возникает свободная избыточная энергия, которая и является движущей силой спекания. Каждая частица порошка характеризуется степенью кривизны поверхности, которая в свою очередь влияет на силы поверхностного натяжения. В процессе спекания происходит уменьшение межфазной поверхности, тем самым уменьшая избыточную энергию. Система становится более термодинамически устойчивым, приводя материал к упрочнению.

Спекание можно существенно интенсифицировать, уменьшить температуру и время приложения внешних механических усилий, введением модифицирующих добавок и уменьшением размера спекаемых частиц.

Усадка, происходящая при процессе спекания, зависит от двух параметров – коэффициента диффузии и размера частиц, изменяя которые можно существенно влиять на скорость процесса спекания. В исходную систему состава можно вводить модифицирующие добавки, которые образуют твердый раствор с определенным видом структурных точечных дефектов, тем самым увеличивая коэффициент диффузии. Концентрацию точечных дефектов регулируется содержанием добавок. При большой концентрации дефектов кристаллической решетки энергия активации процесса диффузии существенно снижается и определяется энергией активации подвижность и дефектов.

Регулируя строение исходных порошков, уменьшая, например, размеры агрегатов и приближая порошки к монофракционным при их величине менее 1 мкм, можно существенно изменить скорость спекания и характеристики микроструктуры.

При оценке влияния дисперсности на спекание следует учитывать размеры агрегатов, так как первичные зерна практически всегда представляют собой скопление более мелких частиц. При уменьшении размера частиц увеличивается общая поверхность раздела фаз, уменьшается средний радиус кривизны выпуклых участков, растет их избыточная поверхностная энергия, уменьшается расстояние между источниками и стоками вакансий. Все это

способствует повышению скорости и снижению температуры спекания.

Добавки снижают температуру спекания, регулируют микроструктуру и свойства получаемого керамического изделия. В зависимости от вида взаимодействия добавки подразделяют на три группы:

1. Полностью растворимые в кристаллической решетке основного вещества;
2. Инертные нерастворимые в основном веществе и не взаимодействующие с ним;
3. Выступающие в химическую реакцию с основным веществом, образуя при этом новое химическое соединение.

Добавки первой группы, широко применяются для увеличения скорости твердофазного спекания, «действуя главным образом за счет изменения концентраций вакансий в катионной либо анионной подрешетках кристалла» [16]. Образование вакансий при введении добавок всегда способствует спеканию.

Добавки второй группы снижают поверхностную энергию частиц и чаще всего замедляют процесс спекания.

Добавки последней группы либо ускоряют, либо замедляют процесс спекания. Тем самым, влияя на процессы рекристаллизации в зависимости от вида образующегося нового соединения. «Например, при введении ~ 1% добавки MgO в керамику на основе Al_2O_3 образующиеся мелкие кристаллы шпинели замедляют перемещение межкристаллических границ, снижая их поверхностную энергию, что приводит к получению мелкокристаллической прочной керамики с достаточно низким содержанием закрытых пор» [16].

Независимо от вида добавок и характера взаимодействия с основным материалом их необходимо равномерно распределять для обеспечения эффективного влияния на процессы спекания. Модифицирующие добавки, образующие твердые растворы, являются наиболее перспективными для управления процессом твердофазного спекания, микроструктурой и свойствами керамики. Их введение при использовании порошков с размером

агрегатов менее 1 мкм настолько ускоряет спекания, что процесс удаления пор по механизму пластической деформации происходит быстрее процесса роста кристаллов, начинающийся тогда, когда все поры практически удалены.

1.6 Технологические особенности получения керамических пропантов

Технологический процесс производства керамических пропантов включает в себя семь основных стадий: кальцинирование исходного материала, его измельчение, подача на тонкий помол, грануляция, обжиг, рассев по фракциям и упаковка (рис. 1.5).

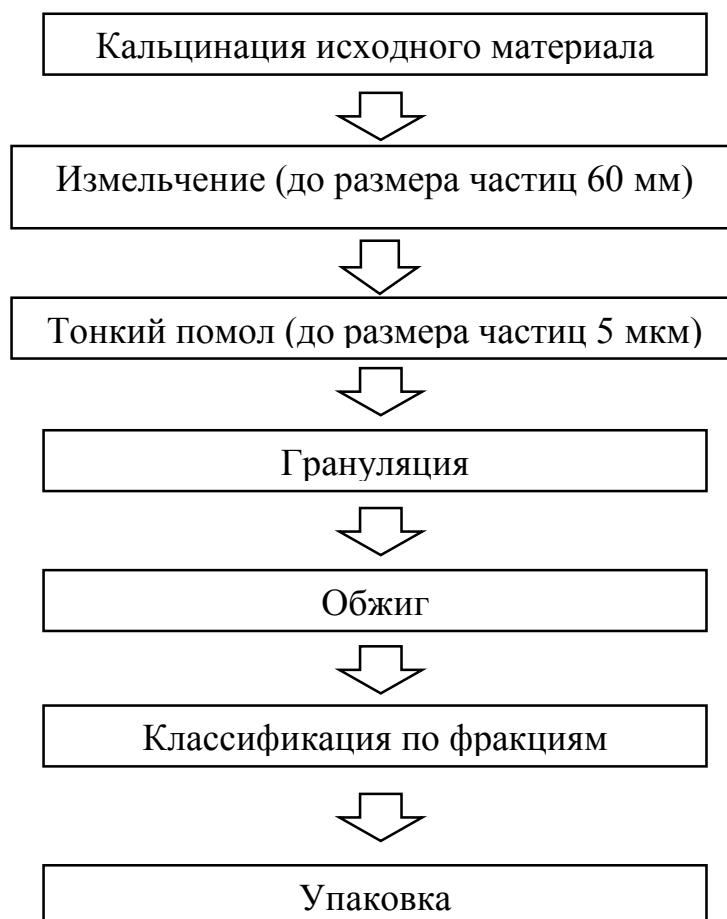


Рисунок 1.5 – Технологический процесс производства керамических пропантов.

Кальцинация — придание керамике новых свойств, путём нагревания до высоких температур (не достигая точки плавления) с целью удаления летучих примесей. Термическую обработку каолина производят при температуре 980°C в барабанной вращающейся печи. При кальцинации происходит испарение молекул воды, тем самым увеличивая массовую долю оксидов алюминия и кремния.

После кальцинации, дегидратированный материал подвергается

измельчению. Измельчение происходит в щековой дробилке. Принцип работы щековой дробилки основан на сжатии рабочими поверхностями (щеками) материала, что приводит к возникновению больших напряжений сжатия и сдвига, разрушающих материал [17].

Для мелкого помола прокаленного материала в более мелкую фракцию (до 5 мкм) служат шаровые мельницы, которые выполняют обработку продукта шарами. И материал, и шары находятся вместе во вращающемся барабане полый конструкции. Мелющие тела в барабане ударяются о материал, разбивая и истирая его. Тонкий помол обеспечивает плотную упаковку частиц в грануле при формировании, а также усиливает процесс спекания [17].

После помола дисперсный порошок поступает на участок гранулирования, где происходит формирование гранул размером менее 2 мм. Происходит это в смесителях грануляторах, с добавлением связующего и реагентного состава. Процесс гранулирования включает два этапа – перемешивание и формирование гранул – которые происходят в общем резервуаре. Частицы порошкового материала в закрепленном резервуаре соударяются и распыляются во вращающемся состоянии и далее полностью перемешиваются. Увлажненный материал постепенно превращается в однородные мелкие гранулы под воздействием высокоскоростного процесса гранулирования и затем подается в выпускное отверстие. Размер гранул зависит от особенностей сырьевого материала, способа его подготовки и времени формирования гранул.

После сушки сгранулированный материал подают на обжиг во вращающиеся печи. Печь представляет собой цилиндрический сосуд, слегка наклоненный к горизонтали, который вращается медленно вокруг своей оси. Подлежащие обжигу гранулы подают в верхний конец цилиндра. Поскольку печь вращается, материал постепенно перемещается вниз в направлении нижнего конца. Горячие газы проходят вдоль печи, иногда в том же направлении, что и процесс материала (прямоточная), но обычно в обратном

направлении (против тока). Горячие газы могут быть сформированы во внешнем печи, или могут быть получены путем пламени внутри печи. Такое пламя выступает от горелки трубы. Топливо для этого может быть газ, нефть или угольной пыли [17]. Именно во время обжига, происходит процесс спекания, определяющий эксплуатационные показатели керамических пропантов. Обычно температура обжига керамических пропантов до 1450°C.

После того, как материал остыл, его подают на вибросито с целью разделения на фракции. Основными фракциями, на которые классифицируются пропанты являются: 12/20, 16/20, 16/30, 20/40. Выбор той или иной фракции зависит от условий эксплуатации пропантов. После, пропанты упаковываются в пакеты и подаются на хранение.

2 ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ

Целью выпускной работы является исследование процессов активации спекания полусухарного каолина при использовании мокрого помола и модифицирующих добавок для производства высокопрочных алюмосиликатных пропантов. Сравнение влияния на процесс активации каолина измельчением сухого и мокрого помолов. Для достижения цели были использованы современные методы исследования, такие как рентгеновский метод, химический анализ и другие.

2.1. Рентгеновский анализ

Определение минерального состава сырьевых материалов и готовых керамических изделий осуществлялось с помощью качественного и количественного рентгенофазового анализа.

Рентгеновское излучение (РИ) занимает участок электромагнитного спектра от сотен до долей ангстрема и является жестким коротковолновым излучением. Расстояние между атомами в кристаллической решетке соизмеримо с длиной волны рентгеновского излучения, поэтому кристалл может рассматриваться как дифракционная решетка.

Брэгги и Вульф доказали, что дифрагированный луч можно рассматривать как результат отражения от одной из плоскостей атомной решетки. Любая трехмерная решетка рассматривается как совокупность бесконечного числа параллельных атомных плоскостей, равноудаленных друг от друга. РИ проникает вглубь кристалла, поэтому отражение луча будет происходить от всех атомных плоскостей.

Уравнение Вульфа – Брэггов описывается формулой:

$$2d\sin(\theta) = n\lambda, \quad (2.1)$$

где d – межплоскостное расстояние, нм;

θ – угол падения рентгеновского луча на плоскость образца, град;

n – порядок отражения;

λ – длина рентгеновского луча, нм [18].

С помощью данного уравнения рассчитываются значения межплоскостных расстояний, которые являются качественной характеристикой определенной кристаллической решетки.

Выполнение условий уравнения фиксируется на дифрактограммах возникновением максимумов (пиков) интенсивности. Интенсивность пика соответствует интенсивности отраженного луча, которая зависит от заселенности атомной плоскости.

Анализ исходных веществ и продуктов обжига проводится на дифрактомере ДРОН-3М с рентгеновскими трубками БСВ-24 с SiK_α -излучением ($\lambda = 0,154056$ нм). Основные параметры съемки: скорость 4 град/мин, напряжение анод-катод 35кВ, анодный ток 25мА [5].

Основное назначение расшифровки рентгенограмм - определение значений d/n (d) и относительных интенсивностей рефлексов.

Для определения угла 2θ , отвечающего данному рефлексу, измеряют расстояние от максимума пика до ближайшей реперной линии с меньшим углом и прибавляют к значению угла для данной реперной линии соответствующее этому расстоянию изменение угла 2θ до максимума рефлекса. По найденному значению угла 2θ определяют и по этому углу по справочным таблицам для данного анода находят межплоскостное расстояние d/n , соответствующее анализируемому пику. Значение d можно так же получить расчетом из уравнения Вульфа-Брэгга.

Относительную интенсивность рефлексов (количественный состав фаз) определяют следующим образом. Находят площадь между контуром каждого пика и уровнем фона (базисной линией), интенсивность пика, для которого она максимальна, принимают за 100. Относительные интенсивности остальных пиков находят как отношение площади пика к площади самого

большого пика. Площадь пика приближенно может быть определена как произведение высоты пика на его ширину на половине высоты.

2.2. Определение водопоглощения

Водопоглощение – это отношение массы воды, поглощенной пористым телом при его полном насыщении, к массе сухого образца, обозначают его через V и выражают в процентах.

Широкое распространение получили методы насыщения для определения открытой пористости и водопоглощения (ГОСТ 2409-84 на огнеупорные материалы).

Проведение испытаний состоит в следующем. Подготовительные образцы в количестве не менее трех взвешивают на технических весах с точностью до 0,001г. Для насыщения пор образцов жидкостью применяют кипячение либо метод вакуумирования.

В данной работе использовался метод кипячения. Для насыщения кипячением сухие взвешенные образцы помещают на подставке с отверстиями в сосуд, который постепенно заливают водопроводной водой с таким расчетом, чтобы уровень воды на 2 - 3 см перекрывал поверхность образцов. Образцы кипятят в течение 2 - 3 часов. Испарившуюся часть воды необходимо возмещать, так как кипячение образцов, не полностью погруженных в воду, приводит к существенным ошибкам. После кипячения образцы охлаждают в воде до комнатной температуры.

Образцы, насыщенные жидкостью, взвешивают на технических весах с точностью 0,001г.

Величину водопоглощения подсчитывают с точностью до 0,1%.

Водопоглощение (V) подсчитывают по следующей формуле:

$$V = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (2.2)$$

где m – масса сухого образца при взвешивании на воздухе, г;

m_1 – масса образца, насыщенного жидкостью, г [19].

2.3. Определение воздушной и огневой усадки

При сушке керамических изделий, содержащих технологическую связку, происходит, как правило, уменьшение их объема, особенно значительное для содержащего глину полуфабриката, полученного пластическим формированием или шликерным литьем. Уменьшение объема изделий при сушке называют воздушной усадкой.

Изменение размеров керамических изделий при их высушивании происходит в результате сближения частиц под действием сил капиллярного и осмотического давления, а также межмолекулярного притяжения, развивающихся по мере испарения расположенных между ними водных прослоек. Важную роль в усадке играет в ряде случаев уменьшение собственного объема частиц глинистых минералов, содержащих межплоскостную воду.

Значительная усадка полуфабриката в сушке является одной из причин их растрескивания и коробления, происходящих в результате действия внутренних напряжений, превышающих силы связности керамической массы.

Воздушную линейную усадку определяют по изменениям линейных размеров образцов при сушке.

Величина воздушной усадки прямо пропорциональна пластичности глин, и косвенно по ее значениям можно судить о сушильных свойствах глинистого сырья. Чем больше величина усадки, тем чувствительнее глина к сушке.

Для глинистых материалов значение воздушной усадки обычно равно 6-10 %. Отошение глин песком, шамотом и т.д. понижает воздушную усадку. Усадочные явления в глинах зависят от их состава и свойств: монтмориллонитовые глины, например, имеют большую усадку, чем каолиновые.

Высоко- и среднепластичные глины имеют линейную усадку более 10%, умеренопластичные – от 6 до 10%, мало- и непластичные – менее 6%.

Условия сушки также могут оказывать влияние на величину усадки. Так, при медленной сушке в естественных условиях изменение размеров образцов будет больше, чем при искусственной сушке со сравнительно быстрым подъемом температуры.

Воздушную усадку глинистых масс обычно определяют в соответствии с ГОСТ 19609.20-89. Из пласта глины, раскатанного деревянной или металлической скалкой, вырезают плитки размером 50х50 мм. Наносят на них насечки во взаимно перпендикулярных направлениях. После высушивания штангенциркулем замеряется расстояние между метками. Воздушная усадка $\alpha_{\text{лин}}^в$, %, подсчитывается по следующей формуле:

$$\alpha_{\text{лин}}^в = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \cdot 100, \quad (2.3)$$

где l_0 – расстояние между метками у сформованного образца, мм;

l_1 – расстояние между метками у высушенного образца, мм [19].

Огневая усадка ($\alpha_{\text{лин}}^ог$) – изменение линейных размеров образца при обжиге, выраженное в процентах:

$$\alpha_{\text{лин}}^ог = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \cdot 100, \quad (2.4)$$

где l_1 – расстояние между метками у высушенного образца, мм;

l_2 – расстояние между метками у обожженного образца, мм [19].

определения проводят не менее, чем на трех образцах; вычисляют как среднеарифметическое трех определений.

2.4. Определение предела прочности при сжатии обожженных образцов

Определение прочности образцов заключается в фиксировании максимального напряжения, которое они способны вынести без разрушения.

Прочности при сжатии – это максимальное сжимающее напряжение, которое выдерживает образец до разрушения. Используются образцы-кубики,

обожженные при разных температурах. Для определения площади образцы замеряют штангенциркулем.

Образец устанавливается в центре опорной плиты и прижимается верхней плитой пресса, которая должна плотно прилегать ко всей верхней грани образца. Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно и равномерно. Снимается максимальное показание манометра. Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа, рассчитывается по следующей формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{P \cdot S_1}{S_2} \cdot 0,1, \quad (2.4)$$

где P – показания манометра, кгс/см²;

S_1 – площадь поршня, см²;

S_2 – площадь образца, см² [19].

2.5. Определение насыпной плотности пропантов

Насыпная плотность сыпучего материала – это его плотность в неуплотненном состоянии. Она учитывает не только объем самих частиц материала, но и пространство между ними, так что насыпная плотность меньше, чем плотность обычная.

Насыпная плотность, наряду с другими эксплуатационными характеристиками, является важнейшим показателем пропантов. В соответствии с величиной насыпной плотности определяют вязкость закачиваемой жидкости (геля), а также его количество. Все это делается для того, чтоб в ходе гидроразрыва пласта, пропанты «не накладывались» друг на друга и не уменьшали проницаемость пласта.

Насыпная плотность материала представляет собой отношение массы этого вещества в свеженасыпанном состоянии к его объему.

К краю сухого мерного сосуда, взвешенного с точностью до 0,02 г, прикладывают воронку, заполняют ее пропантом до отметки 100 см³ без

встряхивания и взвешивают. Насыпную плотность ρ_n , г/см³, вычисляют по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (2.5)$$

m_1 – масса сосуда, г;

m_2 – масса сосуда с пропантами, г;

V – объем пропантов в сосуде, см³.

2.6. Определение сопротивления пропантов к раздавливанию

Сопротивление раздавливанию пропантов это массовая доля гранул пропантов, разрушенных под воздействием заданной сжимающей нагрузке. Эта эксплуатационная характеристик зависит от многочисленных факторов: структура кристаллической решетки материала, наличием дефектов в ней, распределение фаз после термической обработки.

Сущность метода: сопротивление раздавливанию определяют по массовой доле гранул, разрушенных сжимающей нагрузкой заданной величины.

Гидравлическая машина для испытаний на сжатие, обеспечивающая постепенное и плавное увеличение усилия и оборудованная системой измерения приложенного усилия с погрешностью не более 2%.

Пробу пропантов просеивают на лабораторном вибраторе в течение 10 мин через набор сит номеров: 12 и 20 (фракция 12/20); 16 и 20 (фракция 16/20); 16 и 30 (фракция 16/30); 20 и 40 (фракция 20/40); 40 и 70 (фракция 40/70). Пропанты, оставшиеся на верхнем сите и прошедшие через нижнее сито, отбрасывают, а остальные используют для испытания.

Серию испытаний проводят на восьми навесках: по две параллельные навески при удельных давлениях 51,7 68,9 86,1 и 103,3 Н/мм².

Массу пропантов m , г, необходимую для испытания вычисляют по формуле:

$$m = 1,22\rho_n \frac{\pi d^2}{4}, \quad (2.6)$$

где 1,22 – объем пропантов, который должен быть загружен на 1 см² площади дна приспособления для раздавливания, см³

ρ_n – насыпная масса, г/см³,

d – внутренний диаметр прибора для раздавливания, см.

Рассчитанное количество просеянных пропантов взвешивают с точностью до 0,1г и засыпают в приспособление для раздавливания, перемещая точку истечения пропантов для обеспечения максимально ровной поверхности. Поверхность загруженных пропантов выравнивают поворотом пуансона на 180° без применения усилия. Затем, не встряхивая, помещают приспособление для раздавливания в машину для испытания на сжатие. Образец погружают равномерно в течение 1 мин до заданного удельного давления, которое поддерживают в течении 2 мин. Затем снимают приспособление с испытательной машины и переносят с помощью кисточки его содержимое на набор сит. После отсева на вибраторе в течении 10 мин взвешивают раздавленные гранулы пропантов из поддона с точностью до 0,1 г и определяют долю разрушенных гранул f , % по формуле:

$$f = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100, \quad (2.7)$$

где m_1 – масса разрушенных гранул, г;

m_2 – масса гранул до испытания, г.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определения при заданном удельном давлении.

2.7 Определение сферичности и округлости пропантов

Сферичность и округлость гранул пропантов определяют одним из следующих методов:

- С использованием микроскопа (наиболее используемый);

- С использованием цифровой фотокамеры.

Метод с использованием микроскопа основан на визуальной оценке формы гранул пропантов, увеличенных с помощью микроскопа, путем сравнения с диаграммой Крумбьена-Шлосса.

Для определения сферичности и округлости пропанты из лабораторной пробы насыпают на лист белой бумаги, который помещают на предметный столик микроскопа. При соответствующем увеличении микроскопа определяют сферичность, а затем округлость каждой гранулы, сравнивая ее с диаграммой (рис. 2.1). За результат испытаний принимают средний арифметический результат.

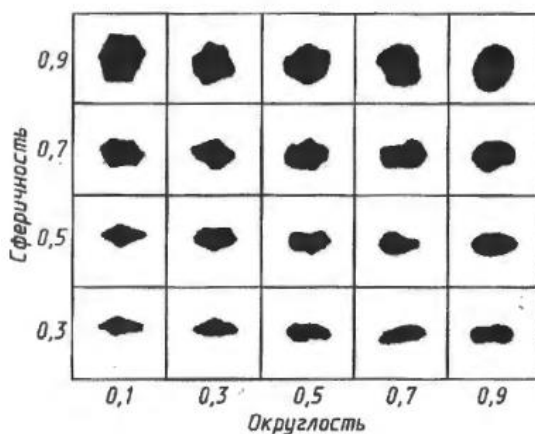


Рисунок 2.1 [7] – Диаграмма Крумбьена –Шлосса для визуального определения сферичности и округлости.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Потаповой Анастасии Павловне

Институт	ИФВТ	Кафедра	ТСН
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	240100 – 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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Потапова Анастасия Павловна		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.

4.1. Планирование научно-исследовательских работ

4.1.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

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

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, студент

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Научный руководитель, студент
	6	Проведение экспериментов	Студент
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель, студент
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных результатов	Научный руководитель, студент
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель, студент
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка технологии получения пропанта	Научный руководитель
Изготовление и испытание опытного образца	11	Получение опытных образцов	Студент
	12	Лабораторные испытания опытных образцов	Студент
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Студент

4.1.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Определение ожидаемой (средней) трудоемкости выполнения:

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

где $t_{\text{ож}i}$ – наиболее вероятное время в течение, которого должна быть выполнена работа, чел-дни; $t_{\text{min}i}$ – минимальное время для выполнения данного этапа при благоприятном стечении обстоятельств, чел-дни; $t_{\text{max}i}$ – максимальное время для выполнения данного этапа при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дней; $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел-дни; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.1.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

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

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 следующей формуле:

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

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.

В 2016 году 366 календарных дней, из них 105 выходных для и 14 праздничных дней. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 105 - 14} = 1,48.$$

В таблице 4.2 представлены временные показатели проведения научно-исследовательской работы.

Таблица 4.2 – Временные показатели проведения научного исследования

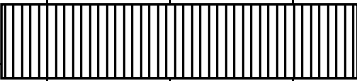
№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнители	Т _р , раб. дн.		Т _к _і , кал. дн.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел-дн.			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2					
1	Составление технического задания	0,1	0,1	1	1	0,46	0,46	НР	0,23	0,23	0,34	0,34
		0,1	0,1	1	1	0,46	0,46	С	0,23	0,23	0,34	0,34
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	2	2	1,1	1,1	НР	1,1	1,1	1,63	1,63
3	Подбор и изучение материалов	7	7	14	14	9,8	9,8	С	9,8	9,8	14,5	14,5
4	Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	НР	0,7	0,7	1,0	1,0
		1	1	2	2	1,4	1,4	С	0,7	0,7	1,0	1,0
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	3	5	5	3,8	3,8	НР	1,9	1,9	2,81	2,81
		3	3	5	5	3,8	3,8	С	1,9	1,9	2,81	2,81
6	Проведение экспериментов	20	20	28	28	23,2	23,2	С	23,2	23,2	34,34	34,34
7	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	1	1	1,5	1,5	1,2	1,2	НР	0,6	0,6	0,89	0,89
		1	1	1,5	1,5	1,2	1,2	С	0,6	0,6	0,89	0,89
8		2	2	4	4	2,8	2,8	НР	1,4	1,4	2,07	2,07

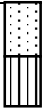
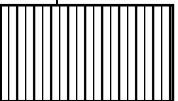
№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнители	Т _р , раб. дн.		Т _{кi} , кал. дн.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел-дн.			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2					
	Оценка полученных результатов	2	2	4	4	2,8	2,8	С	1,4	1,4	2,07	2,07
9	Определение целесообразности проведения ВКР	2	2	4	4	2,8	2,8	НР	1,4	1,4	2,07	2,07
		2	2	4	4	2,8	2,8	С	1,4	1,4	2,07	2,07
10	Разработка технологии	1	1	2	2	1,4	1,4	НР	1,4	1,4	2,07	2,07
11	Получение опытных образцов	12	12	16	16	13,6	13,6	С	13,6	13,6	20,13	20,13
12	Испытания опытных образцов	3	3	4	4	3,4	3,4	С	3,4	3,4	5,03	5,03
13	Составление пояснительной записки	13	13	16	16	14,2	14,2	С	14,2	14,2	21,02	21,02

НР – Научный руководитель; С – студент.

На основе таблицы 4.2 был построен календарный план-график в виде диаграммы Ганта.

Таблица 4.3 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней										
			февраль		март			апрель			май	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Составление технического задания	Научный руководитель, студент	0,34										
Выбор направления исследований	Научный руководитель	1,63										
Подбор и изучение материалов	Студент	14,5										
Календарное планирование работ	Научный руководитель, студент	1,0										
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Научный руководитель, студент	2,81										
Проведение экспериментов	Студент	34,34										
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Научный руководитель, студент	0,89										
Оценка полученных результатов	Научный руководитель, студент	2,07										

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней										
			февраль		март			апрель			май	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель, студент	2,07										
Разработка технологии	Научный руководитель	2,07										
Получение опытных образцов	Студент	20,13										
Испытания опытных образцов	Студент	5,03										
Составление пояснительной записки	Студент	21,02										

Научный
руководитель

Студент



4.1.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.1.4.1. Материальные затраты

Результаты расчета затрат на сырье в процессе проведения НИР представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Затраты на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, З _м , руб.
Каолин	кг	2,4	350	840
Глина	кг	2,4	310	744
Пиритные огарки	кг	0,06	65	3,9
Каустический магнезит	кг	0,024	100	2,4
Концентрированный марганец	кг	0,024	3450	82,8
Итого				1673,1

4.1.4.2. Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

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:

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k} \quad (4.5)$$

Где C_n – первоначальная стоимость оборудования;

H_a – 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.

Таблица 4.5 - Расчет амортизации оборудования

Наименование оборудования	C_n , руб	H_a , %	A , руб
Весы аналитические Веста В 153	24190	10	34874
Весы аналитические Веста ВМ 1502	25960	10	374,26
Пресс гидравлический	17000	8	196,07
РФА- установка ДРОН-3М	180000	12	3114
ДТА- установка STA 449 F3 Jupiter	3000000	12	51900
Печь камерная	70000	12	1211
Итого			91669,33

Затраты на электроэнергию учитываются только на технологические цели, так как затраты на освещение и другие цели связаны с общеустановленными расходами.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{э}} = N \cdot T \cdot C,$$

где N – потребляемая мощность установки, кВт;

T – время работы оборудования, ч;

C – стоимость 1кВт·час электроэнергии (2,81 руб.).

Таблица 4.6 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	N , кВт/ч	T , ч	Затраты, руб.
Весы аналитические Веста В 153	0,40	24	27
Весы аналитические Веста ВМ 1502	0,40	24	27
Пресс гидравлический	3,50	14	138
Установка ДРОН-3М	1,50	6	25
Установка STA 449 F3 Jupiter	1,50	3	13
Печь камерная	3,00	192	1619
Итого			1849

4.1.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (4.6)$$

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

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

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_p , \quad (4.7)$$

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

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

$Т_p$ – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн. (табл.10).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot М}{F_d} , \quad (4.8)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

В таблице 4.7 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 4.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное число дней	140	140
Количество нерабочих дней выходные дни: праздничные дни:	16 6	16 6
Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Потери рабочего времени отпуск: невыходы по болезни:	0 0	0 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	118	118

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (4.9)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8. Расчет основной заработной платы

Исполнители	Категория	$k_{\text{Т}}$	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р, раб. Дн.}}$	$З_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	Доцент, к.т.н.	0,3	25000	0,3	0,35	1,3	53625	2122	32,5	68974
Студент	Лаборант	0,3	8000	0,3	0,35	1,3	17160	679	62	42106
Итого $З_{\text{осн}}$										111080

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зп}$, руб.
Научный руководитель	68974	10346	79320
Студент	42106	6316	48422

4.1.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (4.10)$$

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

Таблица 3.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель проекта	68974	10346
Студент	42106	6316
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,305	
Итого:	38961	

4.1.4.5. Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$Z_{внеб} = k_{нр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4),$$

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 составят:

$$Z_{внеб} = 0,16 \cdot (1673,1 + 91669,33 + 1849 + 79320 + 48422 + 38961) =$$

$$= 229167,19.$$

4.1.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчет бюджета затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	
		Исп.1	Исп.2
1	Материальные затраты НТИ	1673,1	
2	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	91669,33	
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	68974	42106
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10346	6316
5	Отчисления во внебюджетные фонды	38961	
6	Накладные расходы	229167,19	
7	Бюджет затрат НТИ	978425,24	

Как видно из таблицы 11 основные затраты НТИ приходятся на накладные расходы.

4.2. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.12)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается как:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (13)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Таблица 4.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Сложность технологии	0,10	3	3	3
2. Диэлектрические свойства	0,25	4	5	5
3. Теплофизические свойства	0,15	4	5	4
4. Энергосбережение	0,25	5	5	5
5. Материалоемкость	0,25	5	3	3
Итого	1			

Таблица 4.13 - Сравнительная эффективность разработки

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
	4,40	4,30	4,15

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.

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.

**Задание для раздела
«Социальная ответственность»**

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Потаповой Анастасии Павловне

Институт	ИФВТ	Кафедра	ТСН
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	240100 – Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объект исследования – алюмосиликатные пропанты. Область применения – гидроразрыв пласта, добыча нефти и газа.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность Анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	Детали производственного оборудования; обрушивающиеся горные породы и конструкции; повышенная загазованность и запыленность воздуха; повышенные уровни шума и вибрации; острые края на поверхности оборудования; увеличенное значение напряжения в электрическом оборудовании; воздействие газа; физические и эмоциональные перегрузки.
2. Экологическая безопасность:	Добыча методом ГРП приводит к загрязнению грунтовых вод многими вредоносными элементами.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Характерен техногенный тип ЧС. Биологический и экологический характер ЧС фактически исключен. Социальное ЧС может вытекать из техногенного.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Правовые нормы трудового законодательства.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Потапова Анастасия Павловна		

Введение

В рамках темы «исследование процессов получения алюмосиликатных пропантов на основе глиносодержащего сырья», необходимо изучить все аспекты производства, исходя из направлений применения. Процесс производства пропантов является абсолютно безвредным, поскольку основные составляющие пропантов – каолин, и огнеупорная глина. Они никак не воздействуют на организм человека в процессе его взаимодействия с ними. Таким образом в рамках данного раздела актуальней рассматривать процесс гидроразрыва пласта (ГРП) – единственное направление, в котором применяются пропанты. Таким образом в качестве объекта исследования в данной работе выбран процесс гидроразрыва пласта.

Представление о понятии «социальная ответственность» регулируется ГОСТ Р ИСО 26000 «Руководство по социальной ответственности». В этом документе приводятся вопросы выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению.

При выполнении гидроразрыва пласта необходимо учитывать, что данный вид работ является опасным, в соответствии с приложением к ФЗ №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». В связи с этим, к таким работам применяются особые требования промышленной безопасности, посредством которых достигается снижение угрозы и вреда здоровью рабочего персонала до минимума.

5.1 Производственная безопасность

В процессе производства человек подвергается воздействию опасностей разного рода. Такими опасностями принято называть процессы, явления, объекты, способные причинять ущерб физическому и моральному состояниям человека, воздействующие прямо или косвенно и вызывающие разные угрожающие для жизни последствия.

Производственная деятельность человека осуществляется в месте, которое называется производственной средой. Во множественном количестве производств на человека оказывают большее влияние техногенные факторы, т.е. те факторы, которые связаны с техникой и оборудованием, риски, которые называют опасными и вредными производственными факторами.

Опасный производственный фактор (ОПФ) - это производственный фактор, действие которого на работающий персонал может привести к травме или к неожиданному резкому изменению показателей здоровья. Травмой называется повреждение тканей организма и нарушение его функций. Травма – есть результат несчастного случая на производстве.

Вредный производственный фактор (ВПФ) - это такой фактор, воздействие которого на человека приводит к его заболеванию или снижению общей трудоспособности. Заболевания, которые возникают под действием вредных производственных факторов, называют профессиональными.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ОПФ и ВПФ можно разделить на физические, биологические, химические и психофизиологические.

Для того, чтобы в условиях проведения гидроразрыва пласта свести все риски к минимуму, необходимо разобраться в том, какие из них присутствуют. На основе ГОСТ 12.0.003-74 выделим факторы, возникающие при гидроразрыве пласта (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Опасные и вредные производственные факторы при гидроразрыве пласта.

Физические	Детали производственного оборудования, машины и механизмы совершающие какие-либо движения; обрушивающиеся горные породы и конструкции; повышенная загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны; пониженная или повышенная температура воздуха рабочей зоны; пониженная или повышенная температура поверхностей материалов и оборудования; повышенные уровни шума и вибрации на рабочем месте; острые края на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; увеличенное значение напряжения в электрическом оборудовании, замыкание которого может привести к серьезным поражениям ткани человека.
Химические	Раздражающее органы дыхания воздействие газа в случае утечки; сенсibiliзирующее воздействие газа; попадание в организм человека посредством дыхательных путей.
Биологические	При ГРП отсутствуют.
Психофизические	Физические и эмоциональные перегрузки; нервнопсихические перегрузки, интеллектуальное перенапряжение; однообразность труда.

Персонал, осуществляемый процесс ГРП, подвергается большой опасности из-за присутствия большого давления, которое создается работающим оборудованием. Под воздействием давлений оборудование может взрываться.

Оборудование, применяемое для разрыва, является источником шума, который может превышать нормы. Длительное действие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Загрязнение шумом

области в трудовом участке негативно влияет на трудящихся: уменьшается интерес, возрастает потребление энергии при одинаковой физиологической нагрузке, замедляется темп психологических взаимодействий и т.п. Вследствие уменьшается эффективность работы и свойство выполняемой деятельности.

Пневматические и гидравлические системы оборудования должны быть оснащены предохранительными приспособлениями. К механизмам, приборам и измерительным устройствам, расположенным в аппаратах и требующим непрерывного наблюдения и обслуживания, должен быть гарантирован надежный и удобный доступ.

Все без исключения работающие механизмы, двигатели и трансмиссии, представляющие угрозу для здоровья работника, должны быть ограждены прочными металлическими ограждениями. «Площадки агрегатов, с которых обслуживается оборудование (двигатели, трансмиссии насосов, манифольды), ограждаются на высоту не менее 1 м [3].» Насосы агрегатов снабжаются манометрами и предохранительными клапанами. Дроссельные коробки гидравлической части насоса, а также другие выступающие части механизмов обязаны защищаться кожухами по всей траектории вращения. Люки цистерн и бункеров обязаны быть закрыты шарнирными решетками и крышками. Арматура, установленная в трубопроводах, должна быть свободно управляемой стремлением 1-го лица. Осмотр и ремонт, снятие защищенных частей механизма и ограждений допустимы только после остановки работающего механизма.

До начала работы обследуется надежность насосных аппаратов и другого оборудования, точность и безопасность их обвязки и объединения с устьевой арматурой трубопровода.

С целью выполнения ГРП следует предвидеть прочную взаимосвязанность среди управляющим руководителем и персоналом, обслуживающим установки. Установки начинают свою работу только после удаления людей, никак не сопряженных с исполнением работ у аппаратов, за границы небезопасной области. Во время проведения ГРП (закачка и продавка жидкости с расклинивающими агентами) нахождение людей около рабочей зоны

и у инжекторных трубопроводов запрещено. Процесс происходит под наблюдением инженерно-технического работника и по утвержденному плану.

В процессе ГРП, пропанты закачивают в пласт под высоким давлением (до 70 Мпа) и при температурах (70-80°C). Следовательно, главный интерес с точки зрения техники безопасности обратим внимание на прочность и теплоизоляцию насосных и технологических установок, трубопровод по которому осуществляется закачка, контрольно-измерительных устройств и другого используемого при ГРП оборудования.

Опасность и негативное влияние нефти и газа зависит от присутствия легких и тяжелых углеводородных фракций в их составе. Метан, этан, пропан, бутан относятся к числу неядовитых. При их вдыхании в небольшом количестве не произойдет какого-либо действия на организм рабочего. Однако при содержании этих компонентов в воздушной рабочей зоне около 10 % рабочий может начать испытывать недостаток кислорода, вплоть до удушья.

Информация о допустимых нормах для шума, среды, освещения, вредных веществ) представлена в таблице 5.2.

Таблица 3 [20] – Допустимые нормы для опасных факторов при проведении ГРП.

Фактор	Нормы	Примечание
Шум, дБ	65-100	Уровни шума в производственных помещениях должны удовлетворять требованиям СН 2.2.4/2.1.8.562-96.
Температура, °С	-20 ÷ 40	Температура должна удовлетворять требованиям СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату.

Фактор	Нормы	Примечание
Относительная влажность, %	0 ÷ 90	Относительная влажность в рабочей зоне должны удовлетворять требованиям СанПиН 2.2.4.548-96.
Скорость движения воздуха, м/с	0 ÷ 5	Скорость движения воздуха в рабочей зоне должны удовлетворять требованиям СанПиН 2.2.4.548-96.
Освещение, (яркость кд/м ²)	500 ÷ 2000	Освещение рабочих мест должно отвечать требованиям СНиП 23.05-95. Для исключения стробоскопического эффекта рекомендуется включать освещение в три фазы. Коэффициент пульсации не ограничивается.
Вредные вещества	—	Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций по ГОСТ 12.1.005-88. Информация о ПДК была приведена ранее в табл. 2.

В соответствии со СНиП 2.09.04.87 ГРП относится к категории опасности II.

Основными мероприятиями для предотвращения несчастных случаев при проведении ГРП являются:

- обеспечение надежности при эксплуатации технологических установок и коммуникаций;

- аппаратура, которая работает под давлением, должна быть оборудована исполнительными механизмами в виде предохранительных клапанов и манометров;
- рабочие детали, совершающие вращение или какое-либо движение, должны быть закрытыми, а также иметь ограждающие материалы;
- операции, которые выполняются непрерывно, должны быть оснащены резервными единицами оборудования;

Выполнение работы недопустимо при:

- обнаружении летучих пахучих веществ (газ) на трудовом участке;
- вибрации и шуме превышающих допустимую норму;
- плохом или недостаточном освещении для обеспечения благоприятных условий видения;
- недостатке или неисправности средств для уменьшения и предотвращения действия опасных, а также вредных производственных факторов;
- наличии неудовлетворяющих природных условиях производственной рабочей зоны.

Существуют следующие способы борьбы с шумом механического происхождения и вибрацией:

- Уменьшение шума и вибрации непосредственно в источниках их возникновения, применяя оборудование, которое не образует шума, заменяя ударные технологические процессы на безударный, применяя детали из материалов с высоким коэффициентом внутреннего трения (пластмасса, резина, древесина и др.), подшипники скольжения вместо качения, косозубые и шевронные зубчатые передачи вместо прямозубых;

- Уменьшение шума и вибрации на путях их распространения мерами звуко-и виброизоляции;

- Уменьшения вредного воздействия шума и вибрации, применяя индивидуальные средства защиты и вводя рациональные режимы труда;

Способы уменьшения шумов аэродинамического и гидродинамического происхождения:

- Уменьшение скорости движения воздуха и жидкостей, что обеспечивает их ламинарный режим течения;

- Установление глушителей, содержащих звукопоглощающие материалы и поглощающих звуковую и колебательную энергию, попадающую на них;

Коллективные способы и средства защиты от действия вредных веществ.

Организационные:

- предварительный медицинский осмотр;
- сокращение времени контакта с вредными веществами;
- обучение и инструктаж работающих;
- периодический медицинский осмотр;
- льготы и компенсации.

Технические

- герметизация оборудования;
- замена веществ на менее вредные аналоги;
- автоматизация вредных процессов;
- дистанционное управление опасными процессами;
- вентиляция.

5.2 Экологическая безопасность

Добыча методом ГРП приводит к загрязнению грунтовых вод бензолом, толуолом, диметилбензолом, этилбензолом, диметилбензолом, этилбензолом, мышьяком и многими другими вредоносными элементами. Для проведения одной операции требуется около 80-300 тонн химических реагентов около 500 наименований. Однако использование таких вредоносных реагентов скажется на сточных водах через десятки лет. Вред от добычи данным методом сланцевого газа настолько велик, что достаточно одного взрыва, чтобы грунтовые воды приобрели металлический вкус, соответствующий цвет и стали опасными для применения. Так в некоторых районах добычи воду, находящуюся в колодцах, можно поджечь. Такое загрязнение плодородного слоя и грунтовых вод в течение нескольких лет превращает земельные площади в пустыню.

Газ, который не удалось выкачать, вступает в реакцию с химическими веществами, которые по технологии закачиваются в грунт, и просачивается через трещины на поверхность.

Так же при добыче газа возникают потери метана 3,6 -7,9%, что приводит к увеличению парникового эффекта. Уровень выбросов парниковых газов в процессе добычи значительно больше, чем при добыче других видов ископаемого топлива. А также существует большая вероятность загрязнения радиоактивными веществами, которые также выносятся на поверхность.

Даже американские учёные – создатели метода ГРП - признают его экологическую опасность и возникновение разрушительных процессов в самом грунте, вплоть до сейсмической нестабильности и землетрясений, а также проседание почвы, которое может составить более десятка метров. Добыча сланцевого газа требует извлечение больших объемов подземных вод в районе месторождения. А это, как правило, вызывает образование дополнительных пустот под землей.

Вред от добычи методом ГРП значительно влияет на жизнь людей, проживающих на территориях вблизи месторождений. В районах, где

производится ГРП, вода перестает быть пригодной для питья, люди больше болеют, происходит увеличение онкологических заболеваний и болезней лёгких, так как у сланцевых месторождений фиксируется высокий уровень гамма-излучения, у животных выпадает шерсть, ухудшается качество воздуха.

Основная причина, по которой метод гидроразрыва все же находит своё применение, заключается в резком возрастании дебита простаивающей скважины в процессе эксплуатации, на которых добыча ископаемых ресурсов традиционными способами малорентабельна или даже невозможна.

Но стоит задуматься, так ли выгодна добыча сланцевого газа и сам метод? Ведь он приносит немалые убытки в экономике, так как установки для его добычи очень дорогостоящие, а срок эксплуатации скважины очень короткий. В результате этого его добыча может не окупиться. Но все же финансовые убытки не идут в сравнение с огромным вредом, который метод ГРП наносит экологии и, соответственно, жизни и здоровью человека.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проведении гидроразрыва пласта возможно возникновение множества различных ЧС. ЧС в свою очередь могут быть техногенного, природного, биологического, социального и экологического характера.

Для гидроразрыва характерен техногенный тип ЧС, однако авария может возникнуть и в следствии природных явлений. Биологический и экологический характер ЧС при возникновении аварии фактически исключен. Социальное ЧС, в свою очередь, может вытекать из техногенного, в следствии неправильного реагирования на него.

Как говорилось ранее, самый опасный фактор при гидроразрыве – это работа оборудования под высоким давлением. В связи с этим, основное ЧС, которое может произойти при выполнении такого производства – нарушение герметичности пласта, скважины, оборудования. Последствия такого ЧС достаточно серьезны: разрушенное оборудование может нанести физический вред персоналу осколочным путем; жидкость загруженная в пласт начнет выходить из него на поверхность, затапливая близлежащие территории, что в свою очередь может повлечь выход из строя электрооборудования, а так же смертельные удары током; нарушение герметичности пласта может привести к его осадению вниз, это значит что все, что находится на его поверхности будет испытывать состояние разрушительного землетрясения; вытекающим из всего этого последствием может быть возникновение пожара, взрывы, разрушения зданий и конструкций.

Если основная задача гидроразрыва – увеличение дебита скважины, будет выполнена, в момент наступления ЧС появляются риски неконтролируемо фонтанирующих на поверхности газа/нефти, которые в свою очередь могут воспламениться.

Природные факторы, которые могут привести к возникновению ЧС, это в первую очередь землетрясения, разрушительная мощь которых может нарушить

герметичность разрываемого пласта, и привести ко всем тем же последствиям, что и техногенное ЧС. Ураган и наводнение могут приводить к непредвиденным выходам оборудования из строя, а также ухудшать условия труда, что в свою очередь может сказаться на возникновении человеческих ошибок при проведении ГРП.

Для предотвращения таких ЧС на производстве необходимо регулярно обследовать запорное оборудование на наличие дефектов, утечек, коррозионных последствий, а также иметь резервные системы на случай выхода из строя основных. Проверки должны проводиться регулярно, а проблемное оборудование должно быть незамедлительно заменено на более совершенное. На территории комплекса ГРП должны располагаться оперативные пожарные части, и все необходимое для пожаротушения оборудование, а также средства индивидуальной защиты для персонала. В случае возникновения ЧС, оперативные группы незамедлительно должны приступить к его устранению, и эвакуации обслуживающего персонала. В 2011-м году ПЛАС было предложено на рассмотрение введение систем автоматического пожаротушения, закрепленных непосредственно на трубах, и оборудовании, используемом при ГРП. Идея не была принята в связи с тем, что горящий столб газа приводит лишь к возгоранию окружения, а вот в случае если бы автоматическая система справилась с таким возгоранием, газ продолжил бы выходить на поверхность, и скапливаться в облако. Вероятное возгорание такого облака на поверхности привело бы к огромному взрыву, что вызвало бы последствия посерьезней, чем пожар. Поэтому в настоящее время тушение пожаров осуществляется стандартными средствами пожаротушения – пожарными бригадами.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К организации, проводящей гидроразрыв пласта предъявляются требования в соответствии с ФЗ №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Вторым разделом этого ФЗ обязывает предприятие страховать оборудование, сооружение и персонал на случай возникновения ЧС.

В соответствии с ФЗ №116 все затраты на ликвидацию последствий аварии, а также компенсацию ущерба обязана выплатить организация. Суммы выплаты отдельным лицам составляют от 2.000.000 до 7.000.000 рублей [5], а выплаты государству за нанесение вреда окружающей среде (атмосфере, гидросфере, биосфере) рассчитываются непосредственно по результатам аварии специальной выездной комиссией.

Таким образом, в случае невыполнения организацией обязательств по обеспечению безопасности производственного объекта, и его персонала она берет полную ответственность по компенсации всех возникших при аварии последствий.

Публикации

1. Потапова А. П. , Киснер А. С. , Бурыхина М. А. , Говорова Л. П. Влияние добавок диабазовой и гранитоидной пород на спекаемость легкоплавкого глинистого сырья // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летию Победы советского народа над фашистской Германией , Томск, 6-10 Апреля 2015. - Томск: Изд-во ТПУ, 2015 - Т. 2 - С. 312-314
2. L.P. Govorova, A.P. Potapova, Investigation of the kaolin such as a raw material for the technology of proppants. // Химия и химическая технология в XXI веке, Томск, 17-20 мая 2016. – Томск
3. Потапова А. П. , Киснер А. С. , Говорова Л. П. Перспективы использования полусухарного боровичско-любытинского каолина в технологии плотнospеченной алюмосиликатной керамики // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, Томск.

Список литературы

1. Геология, разведка, бурение и добыча нефти. Норман Дж. Хайн. Серия «для профессионалов и неспециалистов». Олимп бизнес. Москва 2010. С. 491.
2. Добыча нефти. Форест Грей. Серия «для профессионалов и неспециалистов». Олимп бизнес. Москва 2011. С. 293.
3. Инструкция по технологии глубокопроникающего гидравлического пласта. Москва, 1998 г. РМНТК «Нефтеотдача».
4. Fracturing high-permeability reservoirs increases productivity Oil and Gas. Dusterhoft R.G., Chapman B.J.— 1994. — N 20.
5. Керамические пропанты на основе природного алюмосиликатного сырья. Решетова А.А. Диссертация. Томск, 2009.
6. Анализ критериев выбора пропантов. Мигаль В.И., Скурухин В.И. Нефтегазовая вертикаль, 2008 - №8.
7. ГОСТ Р 51761-2005. Пропанты алюмосиликатные. Технические условия. — М: Стандартиформ, 2006, — 31 с.
8. Глины и керамическое сырье. Уорелл У. Перевод на русский язык, "Мир", 1978.
9. Патент РФ №2244695, Способ переработки алюмокремневого сырья. /Симановский Б.А.; Можжерин В.А.; Сакулин В.Я.; Салагина Г.Н.; Оpubл. 11.10.1999. Бюл. №98. Российские патенты на изобретения.
10. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Бобкова Н.М. Учебник. — Минск: Выш. Шк., 2007. — 301 с.
11. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений: Учеб. для вузов по спец. «Хим. технология тугоплав. неметал, и силикат, материалов. В. С. Горшков, В. Г. Савельев, Н. Ф. Федоров. — М.: Высш. шк. — 1988. — 400 с
12. Сырьевые материалы силикатной промышленности. Ю.И. Гончаров. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009.

13. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов. Стрелов К.К. – М.: Металлургия, 1985. – 480с.
14. Керамика. Августиник А.И. Изд. 2-е, перераб. и доп. — Л.: Стройиздат (Ленингр. отд-ние), 1975. — 592 с.
15. Физико-химические методы исследования строительных материалов. Макарова И.А., Лохова Н.А.: учеб. пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. – Братск : Изд-во БрГУ, 2011. – 139 с
16. Химическая технология керамики. Гузман И.Я. Учеб. пособие для вузов - М.: ООО РИФ "Стройматериалы", 2003. - 496 с.
17. Химическая технология керамики и огнеупоров. Будников П.П., Полубояринов Д.Н. (ред.) Учебник для студентов химико-технологических специальностей вузов. — М.: Издательство литературы по строительству, 1972. — 553 с.
18. Методические указания к выполнению лабораторной и самостоятельной работы по курсам «Физикохимия твердого тела» и «Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов». Хабас Т.А. Томск: Изд. ТПУ, 2007.- 20 с.
19. Методические указания к выполнению лабораторной и самостоятельной работы по дисциплине «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» Вакалова. Т.В. Томск: Изд. ТПУ, 2007.- 36 с.
20. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.