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

Институт ИПР
Направление подготовки Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Кафедра ХТТ и ХК

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование структуры и свойств ультрадисперсных катализаторов в синтезе из CO и H_2

УДК 621.762.2:544.77.023.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Малых Кристина Анатольевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТТ и ХК	Левашова Альбина Ивановна	к.т.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Сечина Ася Александровна	Кандидат химических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Доктор биологических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ХТТ и ХК	Юрьев Егор Михайлович	Кандидат технических наук		

Томск – 2016 г.

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ _____ _Юрьев Е. М._
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	**ФИО**
2К21	**Малых Кристине Анатольевне**

Тема работы:

Исследование структуры и свойств ультрадисперсных катализаторов в синтезе из CO и H_2	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	**29.02.2016 г., № 1631/с**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	**04 июня 2016 г.**

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*	*Объекты исследования: образцы ультрадисперсных (УДП) катализаторов железа;* *Процесс: гидрирование оксида углерода ($CO+H_2$);*

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).*	1) *Введение: перспективы использования УДП катализаторов железа (*Fe (CO), Fe (CO_2), Fe (N)*) в синтезе углеводородного сырья и химических продуктов.* 2) *Теоретическая часть: теоретические основы синтеза гидрирования СО (синтез ФТ); производство катализаторов СФТ (общие сведения и особенности катализаторов на основе железа, приготовление, активация, эксплуатационные свойства, получение катализаторов методом ЭВП); Экспериментальная часть: подготовка проб катализаторов для исследований: определение удельной поверхности методом БЭТ, фазовый состав (электронное сканирование), каталитическая активность (ЭПР)* 3) *Результаты и их обсуждение.* 4) *Заключение.* 5) *Список используемой литературы.*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	1) *Характеристика катализаторов;* 2) *Результаты исследования катализаторов;* 3) *Результаты испытания образцов в синтезе*

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	**Сечина Ася Александровна, доцент кафедры менеджмента**
Социальная ответственность	**Ахмеджанов Рафик Равильевич, профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности**

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

_____

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	**11 января 2016 г.**

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТТ и ХК	**Левашова Альбина Ивановна**	**к.т.н, доцент**		**11.01.2016 г.**

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	**Малых Кристина Анатольевна**		**11.01.2016 г.**

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К21	Малых Кристине Анатольевне

Институт	Институт природных ресурсов	**Кафедра**	Химической технологии топлива и химической кибернетики
Уровень образования	Бакалавр	**Направление/специальность**	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально – технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	1. *Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения*
	2. *Планирование и формирование бюджета научных исследований*
	3. *Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной,социальной и экономической эффективности исследования*
Перечень графического материала:	
1. *Оценка конкурентоспособности технических решений* 2. *График проведения и бюджет НИ* 3. *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 кафедры МЭН	Сечина Ася Александровна	к.х.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Малых Кристина Анатольевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К21	Малых Кристине Анатольевне

Институт	ИПР	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавр	**Направление/специальность**	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	***Объект исследования*** *– ультрадисперсный катализатор для синтеза из CO и* H_2*.* ***Рабочая зона*** *– лабораторная каталитическая установка (2 корпус ТПУ).* ***Область применения*** *– нефтехимия.*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты; – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	*Использование лабораторной установки может привести к проявлению следующих факторов (*СанПиН 2.2.4.548-96*):* *- при дроблении и загрузке катализатора выделяется пыль, которая может привести к хроническому заболеванию легких (силикоз);* *- воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний;* *- продукты катализа содержат до 20% ароматических углеводородов (бензол, толуол) ,который относятся к токсичным веществам. Также в состав выделяющихся веществ входят токсичные газы: сероводород и аммиак.* *При использовании вычислительной техники возможно проявление следующих вредных и опасных факторов:* - *горючесть, взрывоопасность и токсичность веществ применяемых и получаемых на установке;* - *возможность образования зарядов статического электричества;* - *наличие электротехнических устройств высокого напряжения;*

	превышение токсичных веществ в воздухе рабочей зоны.
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	*Для борьбы с загрязнением атмосферы на каталитической установке применяют следующие меры:* *-воздух, с компрессорных установок проходит очистку в центробежных циклонах;* *- газы, которые не могут быть использованы в дальнейшем для переработки подаются на факельную установку;* *- использование котлов утилизаторов для использования тепла отходящих газов с цель снижения теплового загрязнения атмосферы;* *- сооружения линий аварийных сбросов давления в факельную линию.*
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	*Возникновение ЧС, требующих обеспечение электро- и пожаровзрывобезопасности на рабочем месте.* *Перечень возможных ЧС :* *- пожар;* *- взрыв;* *- розлив продуктов/компонентов производства;*
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	*К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации. Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами.*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	**ФИО**	**Ученая степень, звание**	**Подпись**	**Дата**
Профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Доктор биологических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	**ФИО**	**Подпись**	**Дата**
2К21	Малых Кристина Анатольевна		

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

Институт	Институт природных ресурсов
Направление подготовки	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Уровень образования	Бакалавр
Кафедра	Химической технологии топлива и химической кибернетики
Период выполнения	

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2016

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.11.15	Литературный обзор	15
01.12.15	Объект и методы исследования	20
05.05.16	Проведение расчетов и результаты исследования	15
15.03.16	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
27.04.16	Социальная ответственность	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТТ и ХК	Левашова Альбина Ивановна	к.т.н, доцент		

Согласовано:

Зав. кафедрой ХТТ и ХК	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юрьев Е.М.	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
Р1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,14,16,17,18), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
Р2	Применять знания в области энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
Р3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11 ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
Р4	Проектировать и использовать энерго- и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
Р6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,7,10,12,13,14,17 ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)

Общекультурные компетенции		
Р7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
Р9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
Р10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

Реферат

Выпускная квалификационная работа 78 с., 13 рисунков, 19 таблиц, 23 источников.

Ключевые слова: синтез Фишера – Тропша (СФТ), железосодержащие катализаторы, ультрадисперсные порошки, метод ЭВП.

Объектом исследования является ультрадисперсные порошки на основе железа для синтеза Фишера – Тропша.

Цель работы – исследование структуры и свойств ультрадисперсных катализаторов в синтезе из CO и H_2.

В процессе работы проводились исследования структуры на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S – 3400N и на приборе SoftSorbi – M. Также был проведен эксперимент на ультрадисперсном железосодержащем катализаторе синтеза Фишера – Тропша с соотношением исходного синтез – газа H_2:CO=2:1.

В результате опытов были получены данные об удельной поверхности катализатора ($S_{уд}$ = 8,03 $м^2$/ г), его фазовом составе (в образце 93,5 % активных фаз железа) , а также о жидких и газообразных продуктах синтеза. При использовании ультрадисперсного порошка на основе железа в основном образовывались углеводороды разных групп, таких как парафины, изопарафины и олефины, с содержанием 54,6 % мас., 17,6 % мас., 13 % мас. соответственно, а также кислородосодержащие соединения.

В экономической части рассчитали трудоемкость выполненных работ, временные показатели проведения работ, материальные затраты.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью текстового редактора Microsoft Word 7.0.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ…… 8

РЕФЕРАТ …….. 10

ВВЕДЕНИЕ ……..…… 13

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ……..…. 14

1.2 Общие сведения о процессе …… 14

1.3 Поверхностный механизм СФТ…… 15

1.4 Аппаратурное оформление процесса……. 17

1.5 Методы приготовления катализаторов синтеза Фишера – Тропша …….. 19

1.6 Основные сведения о железных катализаторах для синтеза…….. 23

1.7 Преимущества ультрадисперсных катализаторов……... 25

1.8 Получение ультрадисперсных порошков методом ЭВП... 27

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.……..…… 31

2.1 Фазовый состав образцов…….. 31

2.2 Исследование удельной поверхности образцов……... 34

2.3 Электронный парамагнитный резонанс…….. 34

2.4 Синтез Фишера – Тропша на катализаторе Fe (CO)……. 35

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ……..…..... 40

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования……... 40

3.1.1Анализ конкурентных технических решений……..... 41

3.2 Планирование научно – исследовательских работ…… 43

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования…… 43

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ……. 44

3.3 Бюджет научно – технического исследования (НТИ)…... 49

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ……...… 56

4.1 Характеристика факторов рабочего места…….. 56

4.2 Характеристика опасных факторов……..… 60

4.3 Электробезопасность……..…….. 63

4.4 Пожарная безопасность…….…….. 65

4.5 Охрана окружающей среды……... 67

4.6 Защита в чрезвычайных ситуациях……. 68

4.7 Правовые вопросы обеспечения безопасности…… 74

Заключение…….……. 75

Список используемой литературы……... 76

Введение

В связи с сокращением мировых запасов традиционной легкодоступной нефти, очень высокую популярность приобретает альтернативный способ получения углеводородных продуктов, такой как синтез Фишера – Тропша, о чем свидетельствуют многочисленные исследования в данной области. Существуют различные технологии синтеза Фишера – Тропша: из газа – в жидкость (GTL – gas-to-liquids), из угля – в жидкость (CTL – coal-to-liquids) и из биомассы – в жидкость (BTL – biomass to liquids). Углеводородные продукты, полученные в результате процесса GTL, не уступают характеристикам высококачественной легкой нефти. Эффективность данного синтеза зависит от таких показателей, как селективность и производительность, для повышения которых существует два подхода. Первый подход – каталитический, содержащий разработку новых высокопроизводительных катализаторов, способствующих к смещению к максимуму образующихся углеводородов в сторону желаемой фракции. Второй подход – технологический, заключающийся в подборе технологического оформления (тип реактора, способ организации технологических потоков) и режима процесса (температура синтеза, давление в реакторе, объемная скорость, состав исходного газа и т.п.), обеспечивающие увеличение производительности и выхода желаемой фракции углеводородов.

1 Обзор литературы

1.2 Общие сведения о процессе

Синтез из CO и H_2 – многоступенчатый каталитический процесс, протекающий на металлических катализаторах, принадлежащих VIII группе (Fe, Co, Ni, Ru) или их соединений внедрения (карбиды, нитриды и пр.). Характерными условиями проткания процесса являются: давление 1 – 30 МПа (для катализаторов на основе Co), температура 190 – 240 °C (низкотемпературный вариант синтеза; для Co и Fe катализаторов) или 320 – 350 °C (высокотемпературный вариант синтеза; для Fe). Так при использовании железного катализатора образуются олефины, при использовании кобальтового катализатора – линейные парафины, а при рутениевом катализаторе – полиметилен с высокой молекулярной массой[1].

Синтез из CO и H_2 можно рассмотреть как восстановительную олигомеризацию оксида углерода [1]:

$n\mathrm{CO} + m\mathrm{H_2} \rightarrow \mathrm{CxHyOz}$

Основные стадии механизма процесса:

1) исходные вещества адсорбируются на поверхности катализатора,
2) образование активных частиц,
3) рост цепи,
4) обрыв цепи,
5) образовавшиеся продукты десорбируются с поверхности катализатора,
6) вторичная адсорбция продуктов на поверхности катализатора,
7) возникновение вторичных или побочных реакций.

В общем случае в результате синтеза можно получить набор следующих продуктов: алканы, алкены и кислородсодержащие соединения. При катализе формируется продуктовая смесь с различной молекулярной массой. Состав продуктовой смеси сформировывается в зависимости от выбора активного металла катализатора.

Самые перспективные катализаторы для синтеза – катализаторы на основе кобальта, так как при давлении 1 – 30 МПа и температуре

120 – 130°С можно селективно получать алканы линейного строения:

nCO + (2n + 1)H_2 = C_nH_{2n+2} + nH2O.

Предельный выход жидкой продуктовой смеси углеводородов – 208,5 г из 1 $нм^3$ смеси CO + $2H_2$. В качестве побочных реакций катализы выступают реакции, такие как:

а) гидрирование оксида углерода до метана: CO + $3H_2$ = CH_4 + H_2O,

б) диспропорционирование CO (реакция Белла – Будуара):

2CO = CO_2 +C,

в) равновесие водяного газа: CO + H_2O $\rightleftarrows$ CO_2 + H_2.

1.3 Поверхностный механизм СФТ

Набор продуктов синтеза и производительность катализатора определяются в конечном итоге поверхностным механизмом процесса.

Первая стадия – адсорбция CO и H_2 на поверхности катализатора (рисунок 2). В результате образуется поверхностный карбонил, который носит частично отрицательный заряд (δ^-). Адсорбирующийся H_2 должен быть частично положительным (δ^+), поэтому необходимо сформировать активные центры катализатора в виде поверхностного кластера. Это стало возможно при использовании в качестве катализатора системы, которая представляет собой твердый раствор внедрения α-Fe в нестехиометрическом соединении $Fe_3O_{4-\gamma}$, Fe в разной валентности. Это обеспечит одному активному центру донорные свойства, другому – акцепторные.

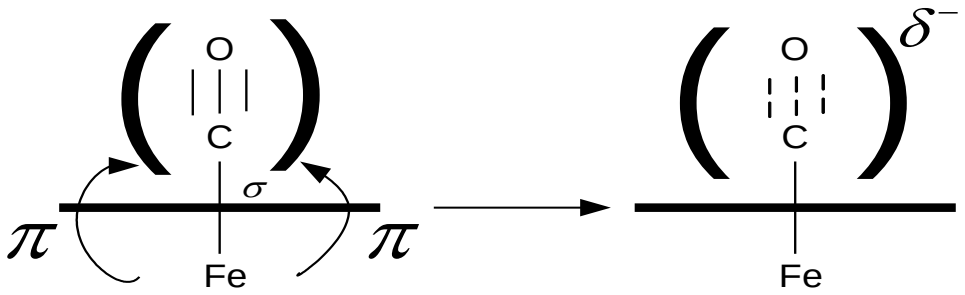


Рисунок 1 – Адсорбция CO и H_2 на поверхности катализатора

Далее происходит отток электронов от H_2 к CO по кластерной связи с получением заряженных частиц $CO^{\delta-}$ и $H_2^{\delta+}$ (рисунок 3).

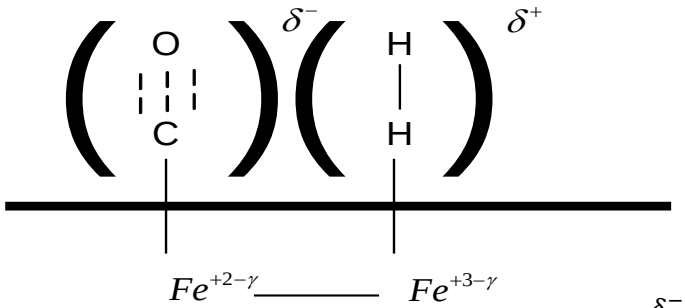


Рисунок 2 – Получение заряженных частиц $CO^{\delta-}$ и $H_2^{\delta+}$

Затем активный водород внедряется по схеме ЦИС внедрения лигандов в разрыхленную CO – связь с образованием промежуточных соединений, например, оксиметиленовый и метиленовый радикалы

(рисунок 4). Образовавшиеся промежуточные соединения могут конденсироваться с получением кислородосодержащих соединений на железном катализаторе 16 – 20%. Если необходимо повысить выход спиртов, то следует понизить температуру процесса и увеличить давление, а при увеличении температуры и понижении давления увеличится выход парафиновых углеводородов.

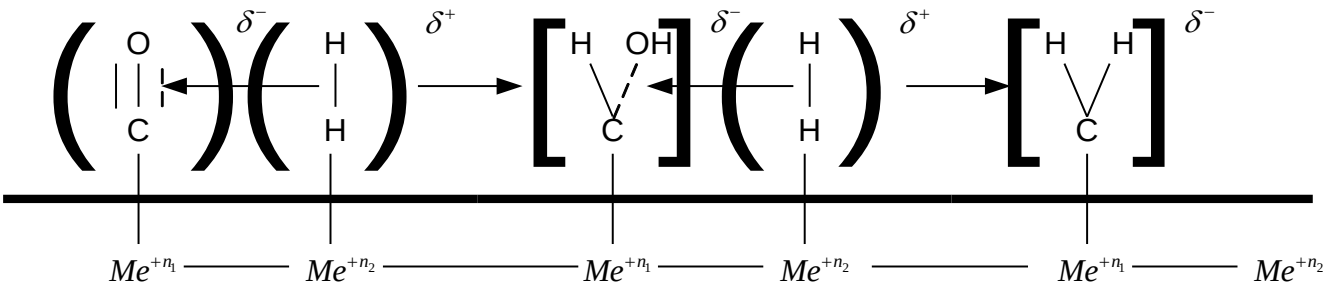


Рисунок 3 – Образование промежуточных соединений

Таким образом, кроме энергетического барьера (активация CO и H_2) также имеет место быть структурный барьер, который определяется расстоянием между вершинами кластера, которые обеспечивают перекрывание электронных оболочек. Расстояние между вершинами кластера должно быть меньше суммы радиусов частиц. Наличие двух барьеров обуславливают низкую скорость реакции синтеза, а соответственно низкую скорость работы катализатора.

1.4 Аппаратурное оформление процесса

Для осуществления синтеза могут быть использованы различные реакторы, главной целью при конструировании которых является решение проблемы отвода тепла от катализатора. Если же не обеспечен теплоотвод, то это приведет к снижению селективности процесса и закоксовыванию катализатора, что приведет к его дезактивации. Возможные типы реакторов для процесса: трубчатый, суспензионный, с псевдосжиженным слоем, радиальный, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки.

Трубчатый реактор в использовании достаточно прост, состоящий из длинных труб, где находится катализатор.

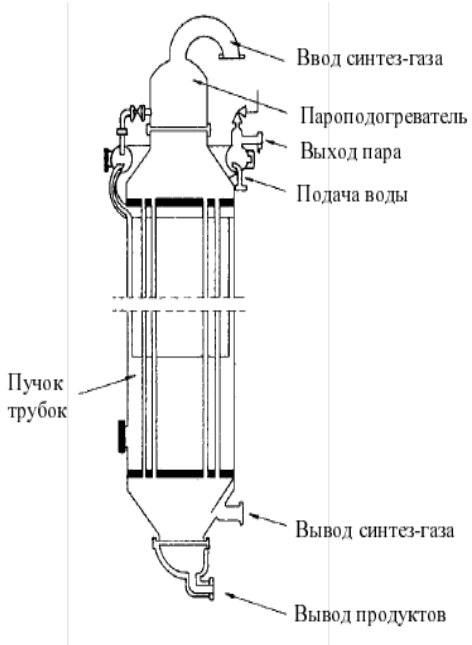


Рисунок 4 – Трубчатый реактор с неподвижным слоем катализатора

Синтез – газ, обладающий высокой скоростью, проходит по трубкам, что обеспечивает турбулентность потока, а значит, и высокий теплообмен. В межтрубном пространстве находится вода, в качестве теплоносителя. Достоинства трубчатых реакторов: простота в использовании, долгий срок службы катализатора, большое количество катализатора в единице объема. Недостатки: в связи с высоким гидравлическим сопротивлением, существует необходимость в высоком сжатии сырья, сложность замены слоя катализатора при его дезактивации, что приводит к большим производственным потерям.

Реактор с псевдосжиженным слоем катализатора обеспечивает быструю теплопередачу, чем реактор с неподвижным слоем катализатора. Трение взвешенных частиц уменьшает пленку на поверхности жидкости или газа на поверхности теплообмена, также при высокой скорости синтез – газа минимальна его поверхностная пленка на частицах катализатора, что обеспечивает снижение ограничение диффузии. При частых столкновениях частиц катализатора со стенками труб также осуществляется быстрый теплообмен. В реакторах происходит быстрое перемешивание, в связи с высокой линейной скоростью потока, что обеспечивает турбулентный режим.

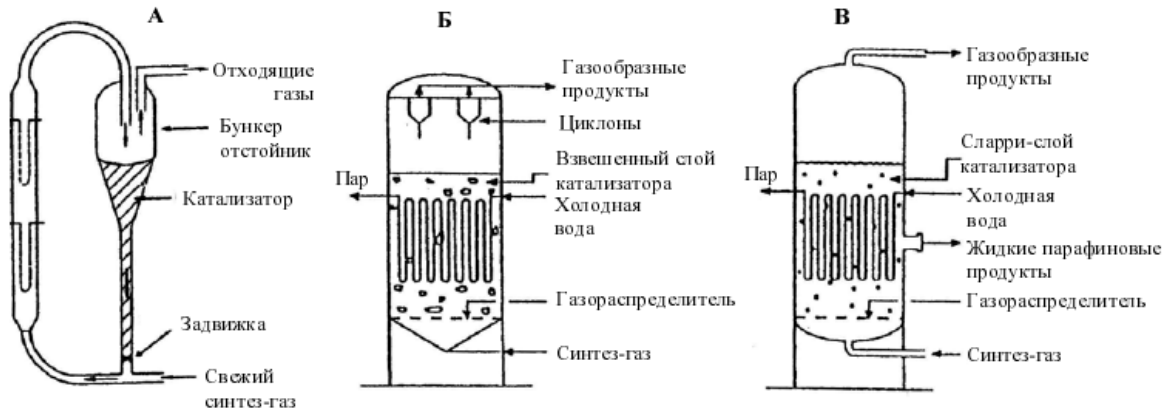


Рисунок 5 – Реакторы Фишера – Тропша с псевдосжиженным слоем катализатора: А – реактор CFB (с циркулирующим взвешенным слоем катализатора); В – «кипящий» или FFB реактор (с неподвижным слоем катализатора); В – слурри – реактор с пузырьковым слоем катализатора

Псевдосжиженный слой катализатора предполагает добавление частей свежего катализатора и отвод отработанного катализатора без прекращения процесса. К недостаткам относятся: сложность разделения отходящего газа от частиц катализатора в связи с их размерами (<100 мкм). Для решения данной проблемы устанавливаю циклоны и скрубберы, фильтры после реактора. Также недостатком является высокая скорость потока с частичками катализатора, который вызывает абразивный износ стенок реактора, поэтому нужно обеспечить защитный слой стенок, что приводит к дополнительным затратам.

Слурри – реактор иной вариант реактора с псевдосжиженным слоем катализатора, существующий в трехфазной системе, где мелкие частички катализатора суспендированы в жидкости, через которую проходит газ. Достоинства слурри – реактора: меньшие затраты на конструирование реактора по сравнению с конструированием трубчатого реактора; легкие ввод свежего и отвод отработанного катализатора. Реактор изотермичнее, чем реактор со стационарным слоем катализатора, а это значит, что процесс можно проводить при более высоких температурах. Интервал температур для слурри – реактора характеризуется поведением парафина, в котором суспендированы твердые частицы: при низкой температуре парафин вязкий, а при температуре более 270°С возникает гидрокрекинг, что вызывает снижение количества парафина. Основной недостаток реактора – в отделении углеводородов от катализатора.

1.5 Методы приготовления катализаторов синтеза Фишера – Тропша

Для определения направления процесса и условий его протекания используются катализаторы, которые различаются по химическому составу и способу приготовления. Катализатор должен обладать некоторыми требованиями, такими как: селективностью и активностью, устойчивостью к

ядам, требуемой механической прочностью, приемлемыми гидродинамическими характеристиками, развитой удельной поверхностью. Все эти свойства определяются методом изготовления катализаторов.

Процесс приготовления всех катализаторов можно условно разделить на три основных этапа:

Этап 1 – включает в себя выбор по определенным критериям исходного вещества, приготовление растворов и золей для метода осаждения или нанесения, измельчение солей, оксидов, гидроксидов для метода механического смешения и т. д.

Этап 2 – включает получение активного компонента различными методами. Это важнейший этап при приготовлении катализаторов.

Этап 3 – состоит в переработке катализатора в товарный продукт и заключается в придании катализатору определенных формы, размера и механической прочности, для чего используются различные методы формования.

По мере углубления знаний о механизмах формирования каталитических систем происходило усовершенствование и усложнение методов приготовления. В результате сегодня в терминологию специалистов по приготовлению вошли такие понятия, как «традиционные» и «новые» методы приготовления катализаторов. К традиционным методам приготовления обычно относят методы, нашедшие широкое применение, в том числе и промышленное, при синтезе катализаторов. В целом традиционные методы получения катализаторов можно разделить на шесть основных групп. В целом традиционные методы получения катализаторов можно разделить на шесть групп [2].

1. Методы осаждения из растворов (или соосаждения для многокомпонентных систем) – включают стадии гелеобразования или получения осадков с последующими стадиями промывки, сушки и термообработки. Методы осаждения из растворов следует рассматривать как

частный случай конденсационных методов получения дисперсных материалов в виде порошков и суспензий.

2. Методы нанесения – это методы, основанные на введении в пористый носитель и закреплении на его поверхности исходного вещества – предшественника активного компонента. Данные методы также относятся к числу конденсационных методов. Нанесение может осуществляться как из газовой, так и из жидкой среды. Однако последний подход нашел наибольшее практическое применение.

3. Методы, основанные на механическом смешении компонентов, применяются в качестве альтернативы методам соосаждения или нанесения из-за отсутствия или малого количества стоков и вредных выбросов. Основной стадией метода является диспергация и гомогенизация исходных компонентов с последующей сушкой и прокаливанием. Особенность методов данной группы – наличие менее благоприятных условий для протекания твердофазных реакций по сравнению с методами соосаждения или прокалки гетероатомных комплексных соединений.

4. Методы, базирующиеся на термическом разложении исходных веществ. Стадия термообработки является важнейшей стадией практически во всех методах приготовления. Выделение этой стадии в отдельную группу методов приготовления целесообразно только в том случае, если имеются существенные отличия от аналогичной стадии в методах 1 – 3. Отличия могут состоять в том, что здесь главную роль играют либо особенности проведения самого метода, приводящие к получению веществ с новыми свойствами, либо особенности используемых исходных веществ.

5. В отдельную группу относят методы приготовления пористых тел губчатой структуры путем химического воздействия реагентов на грубо пористое или непористое твердое тело: выщелачивание сплавов, термолиз при получении активного углерода и т. д. Эти методы находят меньшее применение, хотя с помощью их готовят ряд очень важных промышленных катализаторов и адсорбентов.

6. Методы осаждения из газовой среды, основанные на термическом пиролизе органических и неорганических летучих веществ в отсутствие или в присутствии окисляющих агентов.

Новые методы приготовления катализаторов можно условно разбить на две группы.

Характерной чертой методов первой группы является использование операций и стадий из традиционных методов в новом сочетании или техническом исполнении. К числу таких методов можно отнести:

- ионное наслоение через определенное число циклов хемосорбции разных ионов на поверхности носителей;
- пиролиз летучих соединений металлов на нагретых поверхностях;
- различные методы синтеза в гидротермальных условиях, например, приготовление нового вида пористых материалов – керметов Al/Al_2O_3;
- разложение коллоидных частиц солей высших кислот в спирте на поверхностях носителей, и др.

Ко второй группе можно отнести методы, которые, являясь относительно новыми в приготовлении катализаторов, в то же время уже давно используются при приготовлении различных дисперсных материалов, находящих широкое применение при синтезе химических реагентов, керамики, стекол, пленок, порошков и т. д. В основу всех этих методов заложен способ конденсации или способ диспергирования, и потому эти методы в свою очередь условно можно разделить на две большие подгруппы: на химические (или физико – химические) и физические методы. Химические и физико – химические методы:

- Механохимический синтез (МХС) – синтез веществ непосредственно в мелющих аппаратах высокой напряженности или при мягких температурах последующего прокаливания.

- Метод Пекини – метод сложноэфирных полимерных предшественников, разработан более 30 лет назад для приготовления керамических порошков и тонких пленок.
- Электрохимические методы: осаждение металлов, синтез в неравновесных условиях на переменном токе промышленной частоты, электрохимические технологии с использованием ион – селективных мембран.

Физические методы полноправно можно рассматривать как новые методы приготовления катализаторов. К их числу относятся:

- различные виды плазмы,
- СВЧ – облучение,
- облучение ускоренными электронами,
- электронно – и ионно – лучевые методы,
- лазерное и катодное испарение с последующей конденсацией металлов.

1.6 Основные сведения о катализаторах на основе железа

Для синтеза из CO и H_2 целесообразно использовать железные катализаторы, которые отличаются дешевизной и позволяют получать широкий спектр углеводородных продуктов, поэтому часто используются в многочисленных промышленных процессах СФТ. Структура и состав свежеприготовленного катализатора видоизменяется, когда на него действуют различные агенты, например, возникают активные фазы в синтезе из CO и H_2. У катализаторов на основе никеля или кобальта возникновение активных фаз не так велико, как у катализатора на основе железа, что приводит к повышению его каталитической активности. Железо, при образовании с углеродом или другими веществами (азот, бор и т. д.) соединений внедрения, не теряет своих «металлических» свойств, которые так необходимы при синтезе Фишера – Тропша [3]. Многочисленные

изучения говорят о том, что катализаторы на основе железа в процессе синтеза меняют свой фазовый состав, углеродную структуру внедрения и степень окисления.

Предварительно до начала реакций синтеза происходит восстановление катализатора, степень которого определяет количество присутствующих оксидов железа, таких как Fe_2O_3 и Fe_3O_4. Но активные фазы (металлическое железо, оксиды и карбиды) не обладают каталитической активностью, когда изолированы друг от друга. Ввиду снижения числа кислотных центров на поверхности в связи с карбидированием, селективность образцов, содержащих оксиды, по метану сильнее. После восстановления образца железо в начале синтеза образует соединение Fe_5C_2 (карбид Хэгга). Также железо переходит в оксид Fe_3O_4, содержание которого растет, так же как и содержание свободного углерода, в отличие от содержания карбида, которое существенно не изменяется. Фазовый состав катализатора по меньшей мере обуславливается методом приготовления или обработки. При использовании образца его фазовый состав состоит в равновесии с составом реакционной смеси.

«Классические» катализаторы на основе железа обладают рядом следующих особенных характеристик:

- работают при повышенных температурах (250 – 300 °C);
- образуют более низкомолекулярные углеводороды (α=0,6 – 0,7);
- продукты содержат большее количество олефинов (80 – 90%) ;
- повышенная селективность в формировании изоструктур (до 510% по сравнению с 2 % для Co);
- низкий выход CH_4 при повышенных температурах протекания синтеза;
- формирование большего количества кислородосодержащих компонентов.

Вследствие формирования углеродных отложений, окисления, спекания и воздействия ядов, железный катализатор теряет свою

каталитическую активность (дезактивируется), на которую влияют технологические параметры процесса [4]. Коксообразование является определяющим факторов в дезактивации действующей поверхности катализатора. Селективность продуктов снижается ввиду сильного отравления серой, так как имеет место большее образование кислых продуктов. Оксидные формы подвержены побочной реакции водяного газа, например на магнетите ($FeO•Fe_2O_3$). При использовании реактора со стационарным слоем его уровень возрастает с течением времени, которое обуславливает возрастание скорости реакции водяного газа со временем контакта, когда скорость синтеза снижается [5,6].

1.7 Преимущества ультрадисперсных катализаторов

Катализ очень распространен в природе, например, процессы, протекающие в биологических организмах. Также катализ широко используется в нефтехимии, нефтепереработке. Большая часть всех промышленных реакций – каталитические. Без катализаторов не могли бы протекать многие промышленные процессы.

Селективность – это основной показатель катализатора, которая характеризует возможность усиливать скорость только целевой химической реакции, что позволяет найти практическое применение реакциям, которые протекают крайне медленно при обыкновенных условиях.

Использование катализаторов привело к резкой эволюции химической промышленности.

Катализ является множеством каталитических реакций на поверхности катализатора, при которых осуществляется подача исходных веществ и вывод продуктов из зоны реакции. Катализаторы обычно представляют собой твердые растворы замещения (рисунок 5). В твердых растворах замещения атомы растворимого элемента (В) занимают места атомов основного металла (А).

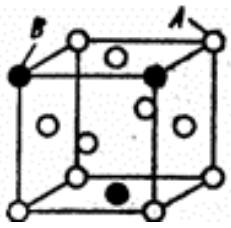


Рисунок 6 – Твердый раствор замещения

Катализ на твердых катализаторах представляет собой ряд стадий, таких как [10]:

1. Перенос исходных веществ из ядра потока к внешней поверхности катализатора (внешняя диффузия).

2. Перенос исходных веществ от внешней поверхности катализатора к его центру (внутренняя диффузия).

3. Адсорбция (химическая) исходных веществ на поверхности катализатора с формированием поверхностного химического соединения.

4. Перегруппировка атомов с образованием промежуточных соединений.

5. Десорбция продуктов каталитической реакции (регенерация активного центра катализатора).

6. Диффузия продукта в порах зерна катализатора.

7. Перенос (диффузия) продуктов от внешней поверхности зерна катализатора в ядро потока.

Использование ультрадисперсных катализаторов сократит количество стадий катализа, так как при их применении отсутствуют диффузионные стадии и распределение реагентов внутри объема катализатора, потому что синтез происходит на поверхности катализатора. Также ультрадисперсные катализаторы не нужно обрабатывать перед процессом, и они начинают свою работу уже при низких температурах (190 °С вместо 250 °С).

Ультрадисперсные катализаторы имеют высокую удельную поверхность, многоуровневую организацию структуры и значительные запасы свободной энергии.

1.8 Получение ультрадисперсных порошков методом ЭВП

Метод электрического взрыва проволок (ЭВП) заключается в образовании мелких частиц, обладающих большей активностью. Метод заключается в протекании через металлическую проволоку импульса тока большой плотности (более 10^4 – 10^6 А/мм^2), с последующим взрывом в газовой атмосфере. Образование частиц происходит при расширении продуктов взрыва.

Образование взрыва связано с испарением перегретого материала. Пар распространяется в окружающую среду с большой скоростью, что приводит к быстрому уменьшению содержания пара и сконденсировавшихся частиц, и существенное охлаждение частиц [17]. Таким образом, создаются условия для образования мелких частичек.

В электровзрывном методе проволока испаряется, а также распространяется в виде капель. Ввиду конденсации из первой фазы в потоке быстро расширяющегося пара возникают частицы маленького размера. Поэтому конденсация и диспергирование обуславливают формирование мелких частиц [7].

Состав полученного продукта может определяться выбором окружающего проводник газа, а также условиями электровзрыва. Так метод электрического взрыва проволок как способ диспергирования металлов обладает следующими характерными качествами[8]:

- время взрыва насчитывает 10^{-5} – 10^{-8} с;
- мощность взрыва более 10^{13} Вт/кг;
- в момент взрыва температура составляет 10^4 К и более, а давление – 10^9 Па;
- продукты разлетаются со скоростью от 1 до 5 км/с;
- главный фактор обуславливающий скорость разлета продуктов взрыва – вводимая энергия в проводник, результатом увеличения которой является повышение доли металла, перешедшего в пароподобное состояние;

- формирование частиц определяют процессы конденсации и диспергирования.

Осуществление ЭВП достаточно просто (рисунок 7). Металлическая проволочка *5* устанавливается в направлении электрода *4*, после чего на нее подается высокое напряжение и происходит взрыв. Полученные частицы из – за действия энергии взрыва двигаются в охладитель *6*., где температура частиц уменьшается до 20^{o}С. Затем происходит разделение мелких и твердых частиц в сепараторе *7*. Далее полученные частички от действия динамических сил направляются в фильтр *10*, где происходит их накопление в стакане *11*. Частицы, которые не осели в фильтре, попадают в циклон *15* и «закатываются» в крупные прочные агломераты, затем выпадают в стакан циклона *15*. Газ, очищенный от продуктов из циклона проходит через тканевый фильтр *16*, где и происходит его глубокая очистка. Далее газ попадает в реактор *1*, проходя через охладитель *20* .

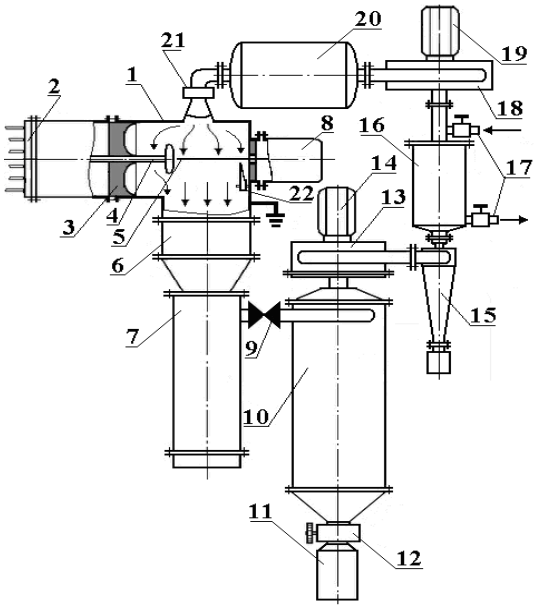


Рисунок 7 – Схема установки получения УДП:

1 – реактор; *2* – секция высоковольтного ввода и механического разрядника; *3* – высоковольтный изолятор; *4* – высоковольтный электрод; *5* – проволока; *6* – охладитель потока газа; *7* – сепаратор; *8* – секция механизма подачи с катушкой проволоки и датчиком длины проволоки; *9* – вентиль, регулирующий скорость газового потока; *10* – фильтр улавливания порошка;

11 – бункер (стакан) для накопления порошка; *12* – вентиль отсечки; *13* – центробежный вентилятор для организации движения газа в циклоне; *14* – электродвигатель привода вентилятора; *15* – циклон; *16* – тканевый фильтр; *17* – вентили для очистки тканевого фильтра внешним потоком газа; *18* – центробежный вентилятор; 19 – электродвигатель привода вентилятора; 20 – охладитель потока газа; 21 – обратный клапан; 22 – заземленный электрод

Электровзрывные порошки полидисперсны: частицы имеют диапазон размеров от 5 нм до 1 мм. Частицы преимущественно обладают круглой, сферической формой. Параметры порошков определяются условиями взрыва: параметрами разрядного контура, размерами и природой проводника, а также свойствами окружающих газов[9].

Ультрадисперсные порошки, полученные в результате электровзрыва, имеют больший запас избыточной энергии, что установлено в результате эксперимента. Например, алюминиевый порошок с размерами частиц 500800 нм обладают избыточной энергией 100 – 200 кДж/моль, а серебряные порошки с размером частиц около 120 нм обладают избыточной энергией 4080 кДж/моль [10]. Это говорит о том, что избыточная энергия больше теплоты плавления массивного вещества в несколько раз. Данный избыток энергии не может быть обеспечен лишь наличием поверхностной энергии[11]. Выявленный запас большой избыточной энергии тонкодисперсных порошков в [12], полученных методом ЭВП, не нашел объяснения. Для каждой отдельной частицы выделение энергии характеризуется уровнем ее метастабильного состояния, когда для группы малых частиц ее выделение осуществляется при снижении площади удельной поверхности и релаксации метастабильных состояний. Размерный критерий метастабильного состояния ультрадисперсных частиц отсутствует [19-21], когда у гладких сферических частиц составляет ~ 0,01 мкм. Следует судить о вкладе структурного фактора в избыточную энергию ввиду условий формирования частиц. Главная проблема в запасе энергии веществом заключается в поиске метастабильных состояний, которые отделены от

основного потенциальным барьером (стабилизация энергонасыщенных структур).

2Объекты и методы исследования

2.1 Фазовый состав образцов

Образцы порошков Fe(CO), Fe(CO_2), Fe(N) для изучения приготовлены в Институте физики высоких технологий Томского политехнического университета методом электрического взрыва проводника.

На сканирующем электронном микроскопе Hitachi S – 3400N были проведены исследования фазового состава каждого образца (рисунок 8 – рисунок 10).

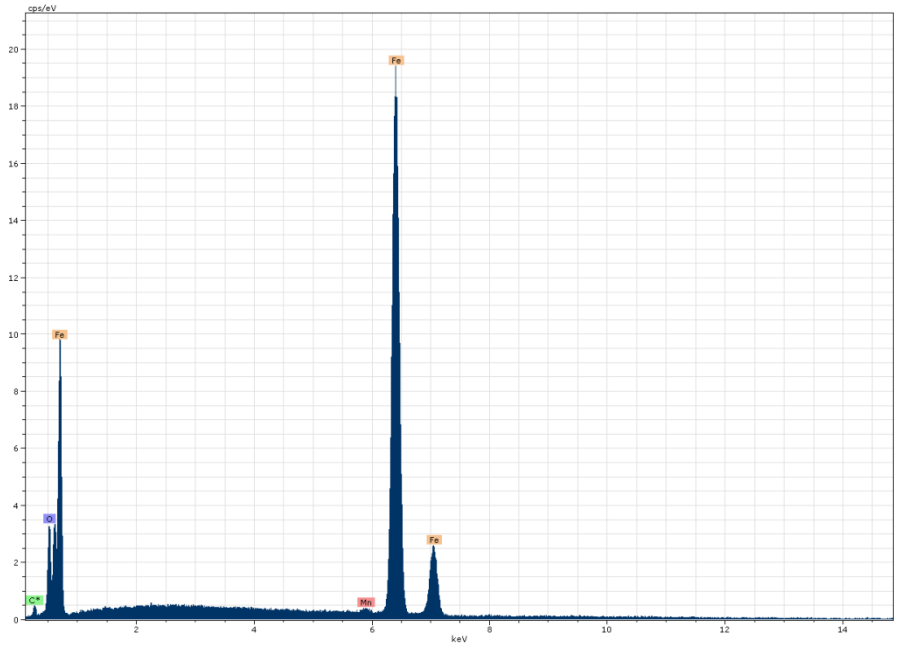


Рисунок 8 – Фазовый состав для образца Fe (CO)

Результаты исследования образцов Fe (CO), Fe (CO_2), Fe (N) приведены в таблице 1 – 3.

Таблица 1 – Результаты исследования образца Fe (CO)

Элемент	Процентное содержание в образце, %
Углерод	0,0
Кислород	6,0
Марганец	0,5
Железо (FeO, FeC, α-Fe)	93,5

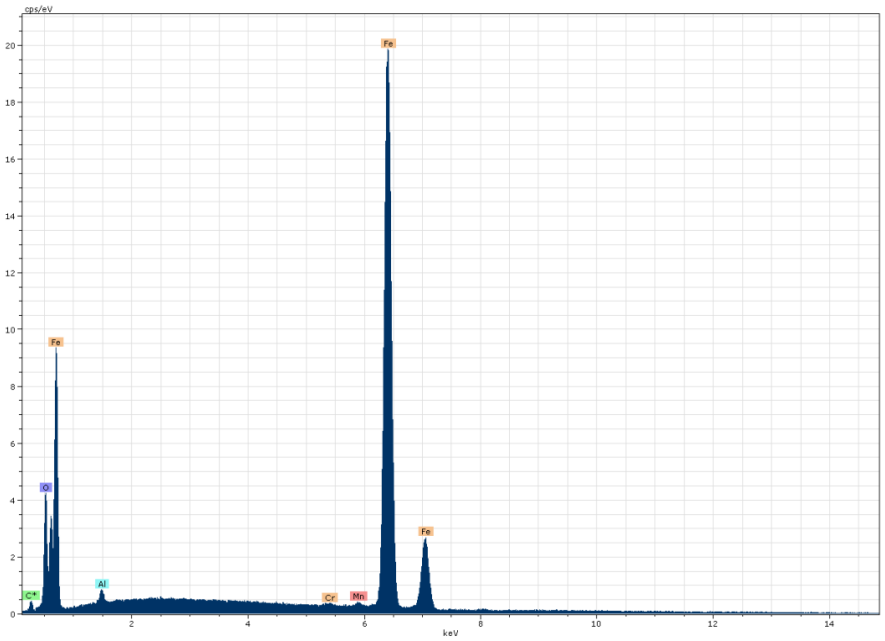


Рисунок 9 – Фазовый состав для образца Fe (CO_2)

Таблица 2 – Результаты исследования образца Fe (CO_2)

Элемент	Процентное содержание в образце, %
Углерод	0,0
Кислород	6,6
Марганец	0,4
Железо (FeO, FeC, α-Fe)	87,0
Алюминий	0,7
Хром	0,3

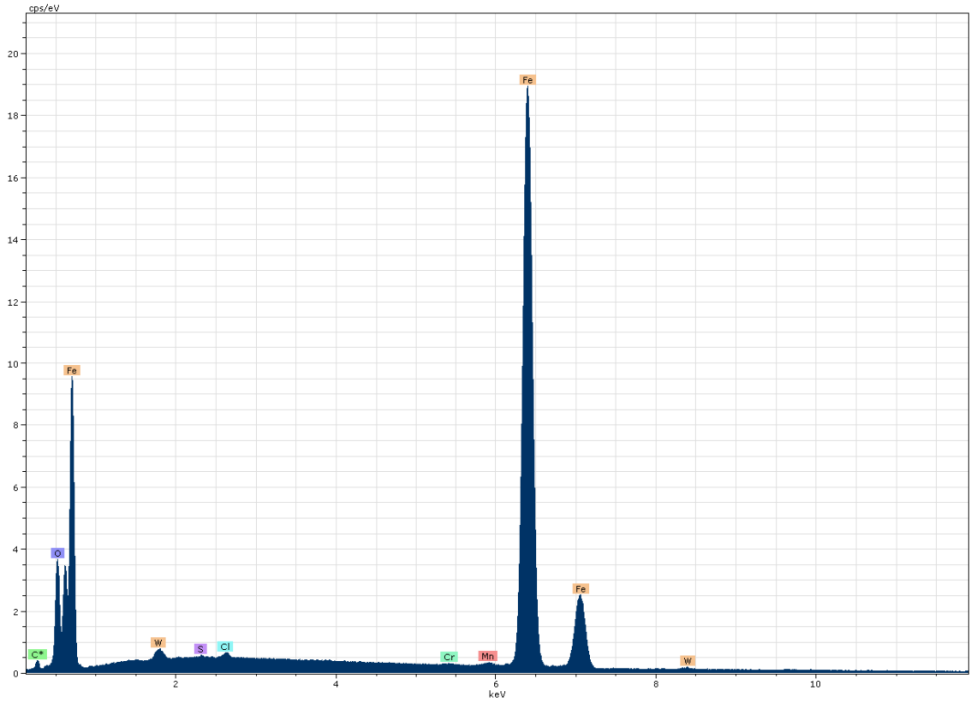


Рисунок 10 – Фазовый состав для образца Fe (N)

Таблица 3 – Результаты исследования образца Fe (N)

Элемент	Процентное содержание в образце, %
Углерод	0,0
Кислород	6,6
Марганец	0,3
Железо (FeO, FeC, α-Fe)	89,2
Стронций	0,6
Хлор	0,3

Все исследованные ультрадисперсные порошки (УДП), полученные в атмосфере азота, диоксида и оксида углерода, проявляют каталитическую активность. В синтезе Фишера – Тропша целесообразно использовать УДП, который получен в атмосфере оксида углерода, так как в нем присутствует активная фаза железа.

2.2 Исследование удельной поверхности образцов

Теория БЭТ базируется на кинетической модели процесса адсорбции, предположенной Лэнгмюром. Теория предполагает наличие твердого тела с поверхностью, которая исследуется как множество адсорбционных мест. Скорости конденсации молекул газов равна скорости их испарения в состоянии динамического равновесия.

Исследование удельной поверхности каждого образца было проведено на автоматизированном приборе Sorbi – M для измерения удельной поверхности по многоточечному методу БЭТ, результаты которого приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты исследования поверхности методом БЭТ

Образец	Fe (CO)	Fe (CO_2)	Fe (N)
$S_{уд}$, $м^2/г$	8,03	8,35	5,47
Удельный объем монослоя, $см^3/г$	1,84	1,92	1,26

Каждый из полученных образцов обладает развитой удельной поверхностью, но для синтеза целесообразно использовать образец, полученный в атмосфере CO_2 или CO.

2.3 Электронный парамагнитный резонанс

Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) – явление резонансного поглощения веществами электромагнитной энергии, содержащими парамагнитные частицы. Наличие неспаренных электронов обуславливает высокую активность каталитических систем. Зависимость сигнала поглощения электромагнитных волн от напряженности магнитного поля называют спектром ЭПР.

Ранее был исследован электронный парамагнитный резонанс образца Fe(CO) (рисунок). ЭПР осуществлялся с помощью спектрометра JEOL JES – FA100, обладающего чувствительностью $7*10^9$ спин/гр. с интервалом частот 8,75 – 9,65 ГГц.

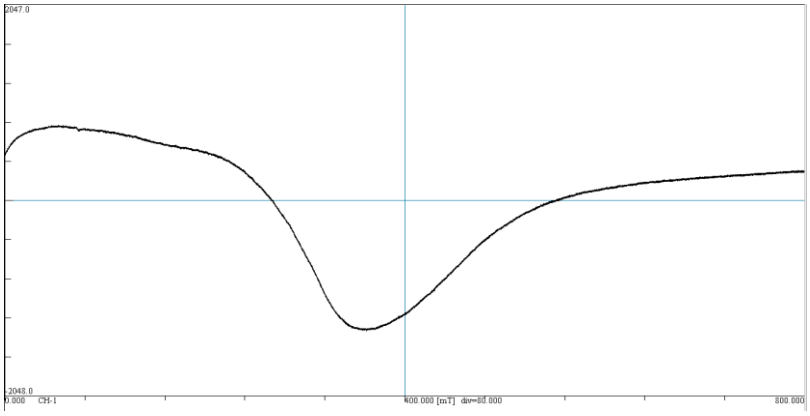


Рисунок 11 – Спектр ЭПР

Судя по результатам ЭПР можно сказать о том, что образец парамагнитен и может быть использован в виде катализатора для синтеза. Каждый второй электрон является неспаренным, несбалансирован противоположным спином. Количество неспаренных электронов для образца Fe (CO) составляет $1{,}162 \cdot 10^{16}$.

2.4 Синтез Фишера – Тропша на катализаторе Fe (CO)

Синтез проводился в присутствии образца Fe(CO), обладающего наибольшей каталитической активностью среди всех исследуемых порошков. Эксперимент осуществлялся в лабораторных условиях на установке (Рисунок 13), где смесь газов (N_2, H_2, CO) направляются в реактор *2*, который находится в термошкафу *1* трубчатого типа с V= 12 $см^3$. регулятором *3* осуществляется контроль температуры рубашки реактора. Продуктовая смесь из реактора направляется в холодильник *4*, где часть газов конденсируется. Затем смесь попадает в сепаратор, где происходит ее разделение [13].

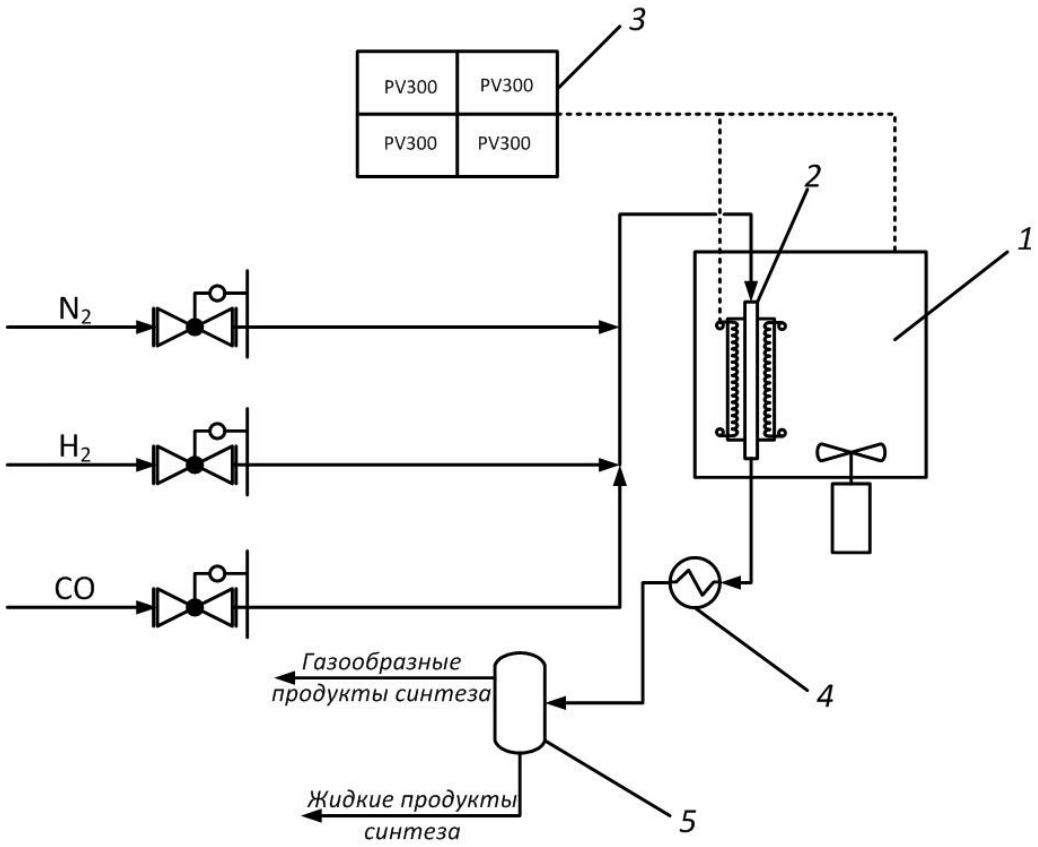


Рисунок 12 – Схема лабораторной каталитической установки:

1 – термошкаф; *2* – реактор; *3* – микропроцессорный регулятор температуры; *4* – продуктовый холодильник; *5* – продуктовый сепаратор

В ходе исследования в реакционную камеру был загружен железный катализатор, с V=8,3 $см^3$. Эксперименты проводились при соотношении H_2:CO – 2:1. Время исследования составило 94 часа. Во время всего опыта поддерживались параметры, приведенные в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры процесса

Регулируемый параметр	Значение параметра
$T_{реактора}$	260 – 269 °C
$T_{катализатора}$	280 – 285°C
$P_{реактора}$	11,5 – 11,9 бар
Расход CO	100 мл/мин

Расход H_2	200 мл/мин

В результате совместного эксперимента были получены жидкие и газообразные углеводороды различного группового состава и кислородосодержащие компоненты.

Таблица 6 –Состав жидких продуктов

Группа	Продукты, % масс.						
	Парафины	Изопарафины	Арены	Нафтены	Олефины	Оксигенаты	Итого
1	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017
2	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004
3	0,234	0,000	0,000	0,000	0,022	0,026	0,282
4	0,966	0,047	0,000	0,000	0,502	0,000	1,517
5	2,583	0,367	0,000	0,019	1,388	0,001	4,357
6	5,082	1,343	0,114	0,135	3,433	0,000	10,108
7	7,815	1,914	0,561	0,317	4,093	0,000	14,700
8	9,435	4,883	1,012	2,057	1,399	0,000	18,787
9	8,327	6,449	1,533	1,318	1,641	0,000	19,267
10	6,600	2,098	1,147	0,352	0,515	0,000	10,712
11	5,167	0,000	2,159	0,017	0,000	0,000	7,344
12	0,315	0,280	3,981	0,000	0,000	0,000	4,575
13	0,279	0,261	0,000	0,000	0,000	0,000	0,540
14	4,255	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,255

15	3,536	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,536
Итого	54,610	17,641	10,508	4,216	12,992	0,033	100,000

Из таблицы можно сделать вывод о повышенном содержании углеводородов $C_5 – C_{12}$, преобладающих в группе парафинов, изопарафинов и олефинов, которые являются основными составляющими бензиновой фракции (рисунок 13).

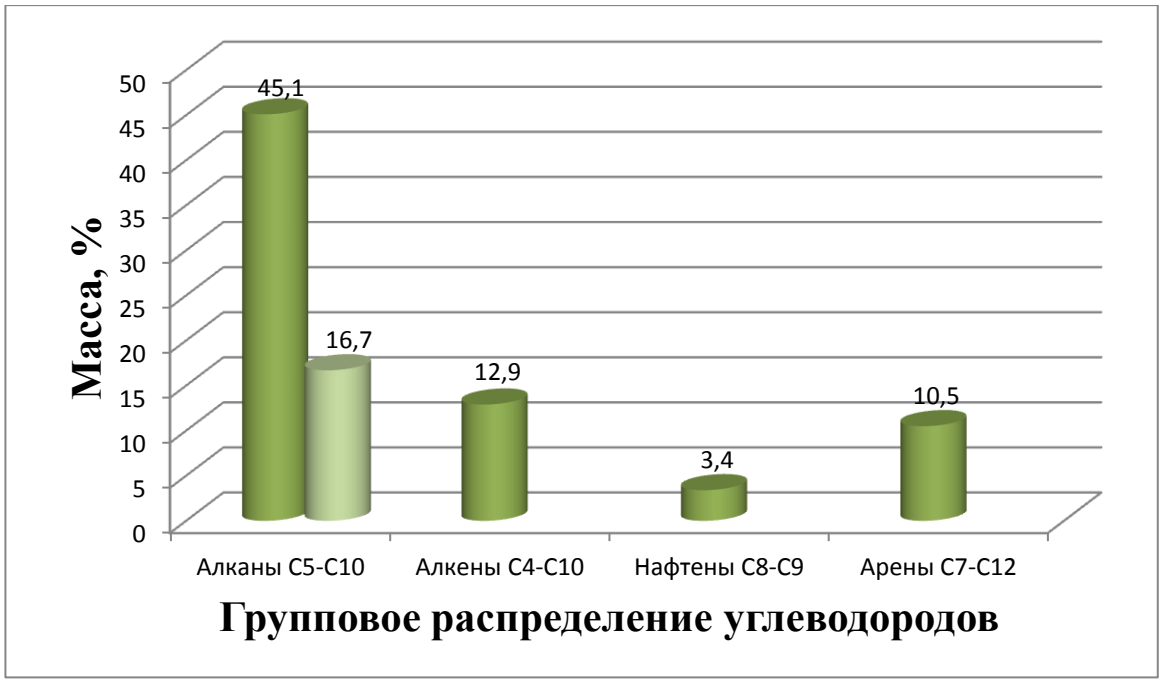


Рисунок 13 – Групповое распределение углеводородов в продукте синтеза

Также был получен фракционный состав фракции (таблица 7), где можно отметить, что при температуре 171°С выкипает 80% продукта, остальные 20 % выкипают при больших температурах. Это свидетельствует о том, что данный продукт – смесь бензиновой и керосиновой фракций.

Таблица 7 – Фракционный состав

Отгон, %	Температура, °С
0,5	39,334
5,0	65,207

10,0	76,699
15,0	86,420
20,0	92,767
25,0	99,092
30,0	105,580
35,0	110,600
40,0	115,609
45,0	120,707
50,0	125,895
55,0	131,561
60,0	137,383
65,0	143,310
70,0	149,898
75,0	160,373
80,0	171,150
85,0	209,057
90,0	239,404
95,0	265,676
98,0	274,713
99,5	279,283

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

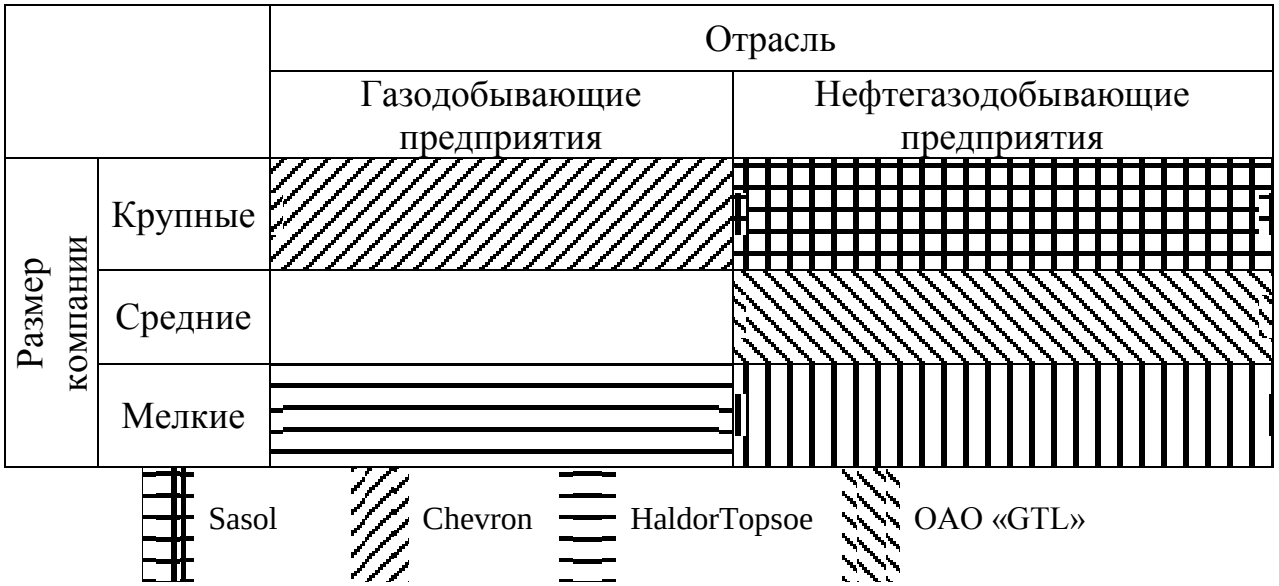
Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода [14].

Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль, по которым будет производиться сегментирование рынка.

Таблица 8 – Карта сегментирования рынка



Как видно из таблицы, наиболее перспективным сегментом в отраслях нефтегазодобычи и нефтегазопереработки для формирования спроса является сегмент крупных и средних нефтедобывающих компаний.

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурирующих разработок анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

В таблице 9 представлен сравнительный анализ модели ($ф$), разработанной в рамках выполнения ВКР конкурентной модели ($к1$)[5], выполненной в 2014 году.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес крите-рия	Баллы		Конкуренто-способность	
		$Б_ф$	$Бк_1$	$К_ф$	$Кк_1$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	3	0,2	0,15
2. Удобство в эксплуатации	0,07	5	4	0,35	0,28
3. Энергоэкономичность	0,1	5	3	0,5	0,3
4. Надежность	0,1	4	3	0,4	0,3
5. Безопасность	0,1	5	4	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности					
6. Конкурентоспособность продукта	0,11	5	4	0,55	0,44
7. Уровень проникновения на рынок	0,08	4	3	0,32	0,24
8. Цена	0,05	4	3	0,2	0,15
9. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	0,5	0,4
10. Послепродажное обслуживание	0,06	5	4	0,3	0,24
11. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	0,2	0,2
12. Срок выхода на рынок	0,08	5	3	0,4	0,24
13. Наличие сертификации разработки	0,05	4	4	0,2	0,2
Итого	1	59	46	4,62	3,5

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле: $К = \sum B_i * Б_i$, (1)

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

В*i*– вес показателя (в долях единицы);

Б*i* – балл *i* – го показателя.

Разрабатываемый проект конкурентоспособен на рынке, главным преимуществом которой является чувствительность к составу перерабатываемого сырья, гарантия послепродажного обслуживания Уязвимомость – критерий «Наличие сертификации разработки». Слабость позиции конкурентов обусловлена низкими значениями по следующим критериям: Повышение производительности труда пользователя, цена.

3.2 Планирование научно – исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

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

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор направления исследований	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
	3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
	4	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
Теоретические	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, бакалавр

исследования	6	Проведение компьютерных расчетов	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
Проведение ОКР			
Испытание образца	8	Лабораторные испытания	Бакалавр, Лаборант
Оформление отчета но НИР	9	Оформление отчета	Бакалавр
Подготовка к защите дипломной работы	10	Составление отчета	Бакалавр
Защита дипломной работы	11	Защита	Бакалавр, Руководитель

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемая трудоемкость выполнения [1]:

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

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

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

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы), чел.-дн.

Ожидаемая трудоемкость для этапов работы приведенных в таблице 4.3 рассчитывается по формуле (4.2):

$$t_{ожi} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 2}{5} = 2.4\ чел. - дн.$$

Для этапов 2 – 14 расчет производится аналогично. Результаты представлены в Приложении А.

Продолжительность каждой работы в рабочих днях[14]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (3)$$

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

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

Продолжительность каждого этапа работы приведенных в таблице 4.3 рассчитывается по формуле (4.3):

$$T_{pi} = \frac{2.4}{1}$$

Результаты расчетов продолжительности одной работы в раб.дн. заносим в таблицу *оо*.

Продолжительность выполнения каждого этапа работы приведенных в Таблице *4.3* рассчитывается по формуле (4).

$$T_{кi} = 2{,}4 \cdot 1{,}48$$

Для этапов 2 – 14 расчет ведется аналогично.

Коэффициент календарности:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кап} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (5)$$

где $T_{кал}$– количество календарных дней в году;

$T_{вых}$– количество выходных дней в году;

$T_{пр}$– количество праздничных дней в году.

$$k_{кал} = \frac{366}{366 - 119}$$

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Наименование работ	Трудоемкость работ									Исполнители		
		t_{min}, чел-дни			t_{max}, чел-дни			$t_{ожі}$, чел-дни					
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение технического задания	6			10			7,6			Р		

2	Выбор направления исследований	4	2		4	2		2,8	2,8		Р	Б	
3	Календарное планирование работ по теме	6			7			6,4			Р		
4	Подбор и изучение материалов по теме		15			20			17			Б	
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	20 10	20 10		30 20	30 20		24 14	24 14		Б Р	Б Р	
6	Проведение компьютерных расчетов	5 2	5 3		7 5	7 5		5,8 3,2	5,8 3,8		Р Р	Б Б	
7	Оценка эффективности полученных результатов	1 2	1 2		3 5	3 5		1,4 3,2	1,4 3,2		Р Р	Б Б	
8	Лабораторные испытания	3 3	3 3	3 3	7 7	7 7	7 7	4,6 4,6	4,6 4,6	4,6 4,6		Б Б	ЛЛ
9	Оформление отчета		3			7			4,6			Б	
10	Подготовка к защите дипломной работы		5			15			9			Б	
11	Защита дипломной работы	1	1		1	1		1	1		Р	Б	

Обозначения: Исп.1 – Р – руководитель; Исп.2 –Б–бакалавр;

Исп.3 – Л–лаборант

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Наименование работ	Длительность работ в рабочих днях, Tpi			Длительность работ в календарных днях, Tki			Исполнители		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3

1	Составление и утверждение технического задания	7,6			11			Р		
2	Выбор направления исследований	1,4	1,4		2	2		Р	Б	
3	Календарное планирование работ по теме	6,4			9			Р		
4	Подбор и изучение материалов по теме		17			25			Б	
5	Проведение теоретических расчетов и обосно-ваний	12 7	12 7		18 10	18 10		Р Р	Б Б	
6	Проведение компьютерных расчетов	2,9 1,6	2,9 1,6		4 2	4 2		Р Р	Б Б	
7	Оценка эффективности полученных результатов	0,7 1,6	0,7 1,6		1 2	1 2		Р Р	Б Б	
8	Лабораторные испытания		2,3 2,3	2,3 2,3		3 3	3 3		Б Б	Л Л
9	Оформление отчета		4,6			7			Б	
10	Подготовка к защите дипломной работы		9			13			Б	
11	Защита дипломной работы	0,5	0,5		1	1		Р	Б	

Обозначения: Исп.1 – Р – руководитель; Исп.2 –Б–бакалавр;

Исп.3 – Л–лаборант

Таблица 13 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	кал.дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Р	11														
2	Выбор направления исследований	Р, Б	2 2														
3	Календарное планирование работ по теме	Р	9														
4	Подбор и изучение материалов по теме	Б	25														
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Б Р	10 18														
6	Проведение компьютерных расчетов	Б Р	2 4														
7	Оценка эффективности полученных результатов	Р, Б	1 2														
8	Лабораторные испытания	Б, Л	3 3														
9	Оформление отчета	Б	7														
10	Подготовка к защите дипломной работы	Б	13														
11	Защита дипломной работы	Р, Б	1 1														

– Руководитель; – Бакалавр; – Лаборант.

3.3 Бюджет научно – технического исследования (НТИ)

Расчет затрат на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_э = \sum N_i \cdot T_э \cdot Ц_э \,, \qquad (6)$$

где Ni – мощность электроприборов по паспорту, кВт;

Тэ – время использования электрооборудования, час;

Цэ – цена одного кВт*ч, руб.

Цэ – 1,5 руб/ кВт*ч

$$E_э = \sum N_i \cdot T_э \cdot Ц_э = 0{,}645 \cdot 1200 \cdot 1{,}5 = 1161р.$$

Расчет затрат на специальное оборудование для научных исследований

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования с НДС, тыс. руб.	Мощность электроприбора, кВт	Общая стоимость, тыс. руб.
1.	Каталитическая установка	1	56759	0,295	57059
Итого:					57059

Линейная амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{C}{Тобі} \qquad (7)$$

где С – стоимость оборудования, $Т_{обі}$ – норма использования оборудования, лет.

$$A = \frac{56759}{10} = 5675{,}9\,руб/год$$

Расчет основной заработной платы

Для расчета основной заработной платы используем месячный оклад руководителя и лаборанта

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб	Районный коэффициент	Месячная зарплата, руб./мес.	Общие затраты по заработной плате, руб. (5 месяцев)
Руководитель	23264	1,3	30243,2	151216
Лаборант	13058	1,3	16975	84875
Бакалавр	2500	1,3	3250	16250

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (8)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0{,}13 \cdot 23264 = 3024{,}32 руб.$ – для руководителя.

$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0{,}13 \cdot 13058 = 1697{,}54 руб.$ – для лаборанта.

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (9)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 16 – Социальные отчисления

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Руководитель проекта	20862	20862	20862	
Лаборант	16975	16975	16975	
Социальные отчисления				
	ПФР (22%)	ФСС (2,9%)	ФОМС (5,1%)	Страхование по классу опасности (0,5%)
Исполнение 1	6014,4	1583,7	2785,2	273,1
Исполнение 2	13271	1749,4	3076,5	301,6
Исполнение 3	3486,7	1382,3	2431	238,3

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов.

В данном исследовании затраты на научные и производственные командировки исполнителей равны нулю.

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких – либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками), т.е.:

1) Работы и услуги производственного характера, выполняемые сторонними предприятиями и организациями. К работам и услугам производственного характера относятся:

- выполнение отдельных операций по изготовлению продукции, обработке сырья и материалов;
- проведение испытаний для определения качества сырья и материалов;
- контроль за соблюдением установленных регламентов технологических и производственных процессов;
- ремонт основных производственных средств;
- поверка и аттестация измерительных приборов и оборудования, другие работы (услуги) в области метрологии и прочее;
- транспортные услуги сторонних организаций по перевозкам грузов внутри организации (перемещение сырья, материалов, инструментов, деталей, заготовок, других видов грузов с базисного (центрального) склада в цехи (отделения) и доставка готовой продукции на склады хранения, до станции (порта, пристани) отправления).

2) Работы, выполняемые другими учреждениями, предприятиями и организациями (в т.ч. находящимися на самостоятельном балансе опытными (экспериментальными) предприятиями по контрагентским (соисполнительским) договорам на создание научно – технической продукции, головным (генеральным) исполнителем которых является данная научная организация).

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договоров с контрагентами или субподрядчиками.

Накладные расходы попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{нр}, \quad , \qquad (10)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Формирование бюджета затрат научно – исследовательского исследования (НТИ)

Рассчитанная величина затрат научно – исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно – технической продукции.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Затраты на электроэнергию	1161	1161	1161
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	57059	57059	57059
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	189185	189185	189185
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4722	4722	4722
5. Социальные отчисления	83281,5	91992,5	72692
6. Затраты на научные и производственные командировки	0	0	0
7. Контрагентные расходы	0	0	0
8. Накладные расходы (16 % от суммы ст. 1-7)	59262,32	60714	57548,8
9. Бюджет затрат НТИ	390344,8	457017,3	37816,8

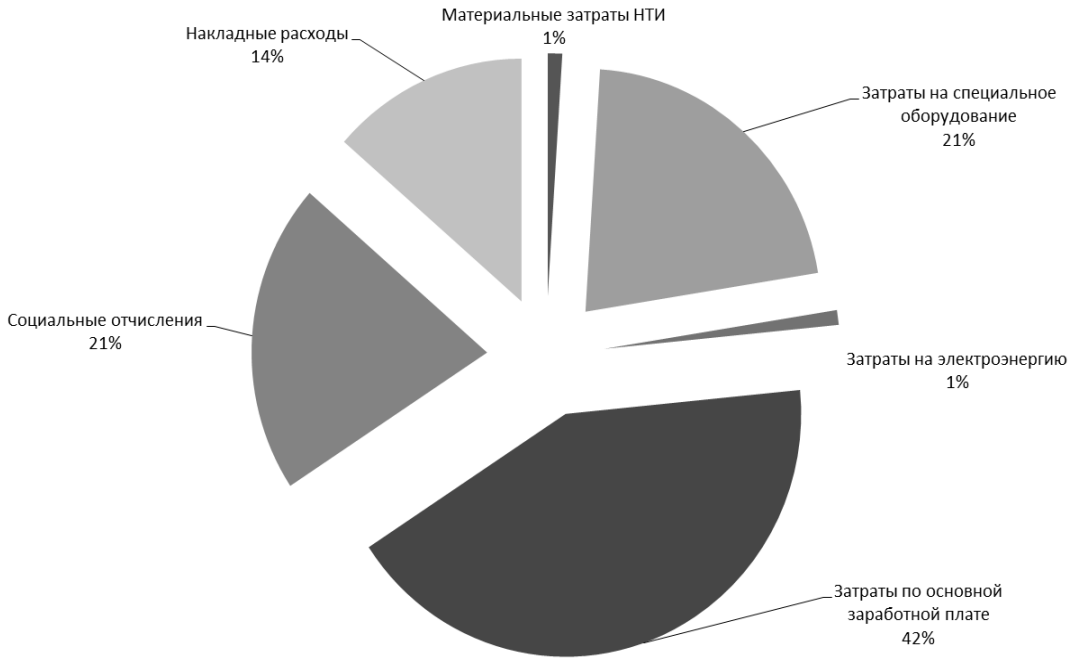


Рисунок 14 – Круговая диаграмма затрат на проведение НТИ

Наиболее затратная часть, как видно из диаграммы, это затраты на специальное оборудование. Большой объем затрат для данной работы обуславливается высокой ценой на каталитическую установку.

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

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{исп.i} = \frac{\Phi_{\text{p}i}}{\Phi_{\max}}, \qquad (11)$$

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

$\Phi_{\text{p}i}$ – стоимость *i*-го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта

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

$$\text{I}_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i, \qquad (12)$$

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

a_i – весовой коэффициент *i*-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка *i*-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,1	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	3
3. Энергосбережение	0,15	4	4	4
4. Надежность	0,20	3	5	4
5. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	4,05	4,45	3,9

Заключение: в ходе выполнения данного раздела рассчитали бюджет НТИ для различных вариантов исполнения, на основании чего определили финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности, на основании сравнительной эффективности вариантов исполнения, в качестве наиболее оптимального был выбран вариант исполнения 2.

4 Социальная ответственность

4.1 Характеристика факторов рабочего места

При выполнении ВКР, работа проводилась на каталитической установке, анализы полученных продуктов – в лаборатории.

Проанализируем факторы рабочей зоны на предмет выявления их вредных проявлений. В данном исследовании к факторам рабочей зоны относятся производственные метеоусловия, электромагнитные поля, производственное освещение, шумы, вибрации.

Микроклимат производственных помещений – это метеорологические условия внутренней среды этих помещений, определяющиеся такими факторами, как температура, влажность и скорость движения воздуха, температура окружающих поверхностей.

Микроклимат влияет на процесс переноса тепла и тип работы. Метеорологические условия определяются температурой воздуха, влажностью и скоростью движения воздуха, интенсивностью теплового излучения. Влияние на человека неблагоприятных метеорологических условий в течение длительного времени в резкой форме ухудшают его состояние здоровья, снижают продуктивность и приводят к болезням. Повышенная температура воздуха приводит к скорой утомляемости служащего, также приводит к перегреву организма, тепловому удару или профзаболеванию. Пониженная температура окружающей среды работника

может вызвать охлаждение организма, вызвать простуду или обморожение[15].

Влажность воздуха сильно воздействует на терморегуляцию организма человека. Повышенная влажность и повышенная температура воздуха приводит к перегреванию организма, а при пониженной температуре повышенная влажность увеличивает теплопередачу с поверхности кожи, что приводит к переохлаждению организма. Пониженная влажность способствует пересыханию слизистых оболочек служащего.

В помещении, где находится компьютер средняя температура воздуха 22 ºС, относительная влажность воздуха 55%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с. Ориентируясь на оптимальные и допустимые показатели микроклимата на рабочих местах (СаНПиН 2.2.2.542-96), можно сделать вывод о том, что метеоусловия являются оптимальными, то есть гарантируют поддержание нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакции терморегуляции и производят условия для повышенной степени работоспособности.

Спектр электромагнитного излучения (источник – компьютер) естественного и техногенного происхождения, воздействующий на человека в быту и в производственной обстановке, обладает интервалом волн от тысяч километров (переменный ток) до триллионной части миллиметра (космические энергетические лучи). Имеется два источника электромагнитного излучения: монитор и системный блок.

Продолжительное действие электромагнитного поля на организм приводит к повреждению функционального состояния нервной и сердечнососудистой систем. Что проявляется в высоком утомлении, понижении работоспособности, изменении давления и пульса.

Возможные уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени нахождения служащего в рабочей зоне. Время приемлемого нахождения в контролируемой зоне в часах:

T = 50/E – 2. Производство в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м пребывание людей в рабочей зоне допускается в течение 8 часов.

Характерные требования к помещениям, где используются компьютеры:

- Расположение рабочего места не допустимо в подвальных помещениях.
- Площадь на одно рабочее место должна быть не меньше 6 $м^2$, а объем – не менее 20 $м^3$.

Чтобы повысить влажность окружающего воздуха на рабочем месте, стоит использовать увлажнители воздуха, которые каждый день заполняются дистиллированной или прокипяченной питьевой водой. Помещение следует проветривать в начале работы и после каждого часа работы.

Особо важная область оптического спектра электромагнитных излучений – видимый свет (длина волны которых 0,38–0,4 до 0,75–0,78 мкм) [15]. Свет снабжает зрительное восприятие, которое дает почти 90 % сведений об окружающей среде, воздействует на работу центральной и периферической нервной системы, на метаболизм человека, его иммунные и аллергические реакции, на дееспособность и здоровье человека. Скудная освещенность рабочего места осложняет дееспособность, приводит к большой утомляемости, а также приводит к развитию близорукости. Пониженная степень освещенности приводят к апатии и сонливости, а иногда вызывают развитие чувства тревоги. Продолжительное нахождение в условиях минимального освещения вызывает уменьшение метаболизма человека. Также данные последствия обусловлены длительным нахождением в световой среде с ограниченным спектральным составом света и монотонным режимом освещения.

Работа, связанная с документами требует хорошего освещения. Слишком яркое освещение уменьшает зрительные функции, способствует

возбуждению нервной системы, снижает дееспособность, разрушает механизм сумеречного зрения. Воздействие избыточного яркого освещения приводит к фотоожогам глаз и кожи, кератиты, катаракты и другие нарушения.

Существуют параметры, нормированные для искусственного освещения: величина минимальной освещенности $L_{доп}$, допустимая яркость в поле зрения $L_{доп}$ и показатель ослепленности P, а также коэффициент пульсации K_n (СНиП 23–05–95) [11].

Шум лабораторной установки – беспорядочное комбинация звуков различной частоты и интенсивности, которые возникают при различных механических колебаниях. Продолжительное действие шума уменьшает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, приводит к утомлению центральной нервной системы, результатом чего снижается внимание, а также трудоспособность. Также продолжительное действие шума может вызвать возникновение профессиональных заболеваний и может быть поводом несчастного случая.

Звуковые колебания с частотой 16–20000 Гц могут быть восприняты человеческим органом слуха. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не воспринимаются органами слуха, но имеют отрицательное влияние на организм человека. Гигиенические нормативы шума определены ГОСТ 12.1.003 – 83* «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СН 2.2.4/2.1 .8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий».

Чтобы снизить шум на рабочем месте, существуют следующие способы:

- уменьшение уровня шума в источнике его возникновения;
- звукопоглощение и звукоизоляция;
- установка глушителей шума;
- рациональное размещение оборудования.

Вибрация лабораторной установки – процесс распространения механических колебаний в твердом теле. Вибрация подразделяется на общую (воздействие на все тело человека) и локальную (воздействие на отдельные части тела – руки). Действие первой приводит к нарушению сердечной деятельности, расстройству нервной системы, спазмам сосудов, изменению в вестибулярном аппарате. Действие последней приводит к спазмам периферических сосудов, различным нервно – мышечные и кожно – суставным нарушениям.

Чтобы снизить вибрацию существуют следующие способы:

- виброизоляция;
- вибродемпфирование – это превращение энергии механических колебаний в тепловую.

Важным для снижения опасного воздействия вибрации на организм человека является верная организация труда и отдыха, постоянное наблюдение врачей, лечебно – профилактические мероприятия.

4.2 Характеристика опасных факторов

Процесс на каталитической установке протекает при высоких температурах (до 350ºС) и следствием этого является то, что получаемые продукты находятся в жидком и газообразном состоянии. Это делает их более активными. Большинство ядовитых веществ попадает в организм человека через органы дыхания. Это опасно из-за большой всасывающей способности слизистой оболочки носа и дыхательной поверхности легких. В процессе гидрогенизации сырьем является среднее масло, содержащее нафтеновые, парафиновые и ароматические углеводороды. Получаемые бензины содержат до 20% ароматических углеводородов (бензол, толуол и т.д.). Они относятся к ядовитым (токсичным) веществам. Помимо этого в состав выделяющихся газов входят такие газы как сероводород и аммиак.

- Бензол по своему биологическому действию относится по характеру действия к канцерогенам. При кратковременном вдыхании паров бензола отравления не возникает, когда при длительном вдыхании паров бензола, возникает отравление организма, что может привести к серьезным последствиям, например, возникновение лейкемии, а также анемии.
- Толуол вызывает аналогичные изменения со стороны крови, но несколько слабее, чем бензол.
- Сероводород – высокотоксичный нервный яд, вдыхание которого в концентрации 1000 мг/м³ и выше может привести к смерти. При хроническом отравлении сероводородом у человека наблюдается расстройство нервной, сердечно – сосудистой системы, органов пищеварения и дыхания, ПДК – 10 мг/м куб [12].

Таким образом действие на организм углеводородных компонентов с сероводородом многообразно. Прежде всего страдает нервная система, сердечно – сосудистая система, возможны поражения печени.

В воздухе кроме токсичных веществ содержится так называемая производственная пыль. В процессе каталитического гидрогенизации выделение пыли происходит при дроблении и транспортировке катализатора. Длительный контакт с производственной пылью в данном случае приводит к хроническому заболеванию легких – силликозу.

Поэтому важно знать какая предельно предельно – допустимая концентрация этих веществ должна быть в воздухе, чтобы они не оказывали сильного влияния на организм человека. По определению ПДК вещества в воздухе рабочей зоны: концентрация которя при ежедневной работе без средств защиты в течении 8 часов или другой продолжителности, но не более 40 часов в неделю в течении всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

Для некоторых веществ класс опасности может быть изменен на более низкий, даже при высокой ПДК. Это объясняется тем, что при высокой разовой концентрации вещества в рабочей зоне влияние на организм

человека может многократно усилится. Примером таких веществ используемых на рассматриваемом производстве могут являться сероводород, бензол и его гомологи.

Таблица 19 – Предельно – допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе рабочей зоны (ГН 2.2.5.1313 – 03) [16]

Наименование	ПДК, мг/м³	Класс опасности	Примечание
Сероводород	10	2	Остронаправленный механизм действия на организм
Сероводород в смеси с углеводородами	3	3	Остронаправленный механизм действия на организм
Окись углерода	20	4	Остронаправленный механизм действия на организм
Бензин	100	4	
Бензол	5	2	Канцероген
Толуол	50	3	Слабый канцероген
Аммиак	20	4	

Чтобы обеспечить безопасность кожного покрова от химических реагентов, стоит применять резиновые перчатки, лабораторные халаты, шапочки, обувь. Чтобы защитить органы дыхания от действия вредных химических веществ, стоит использовать ватно – марлевые повязки, респираторы, противогазы. Чтобы защитить слизистую оболочку глаз, стоит надевать специальные очки. Также стоит точно соблюдать технику безопасности и инструкции к используемым веществам.

4.3 Электробезопасность

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах соответствуют требованиям Санитарных правил и нормативов «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый период года.

В лаборатории предусмотрены следующие нормы производственной санитарии:

1. Температура в помещении:
- в холодный период (+15) – (+24)°С;
- в летний период (+16) – (+27)°С;

2. Влажность воздуха в помещениях:
- в холодный период – не более 75 %;
- в теплый период – не более 55 – 75 %;

3. Скорость движения воздуха:
- в холодный период – 0,1 – 0,4 м/с;
- в теплый период – 0,1 – 0,5 м/с.

Электробезопасность установки должна обеспечиваться в любых возможных нормальных и аварийных эксплуатационных ситуациях. Источниками электрической опасности могут являются:

- оголенные части проводов или отсутствие изоляции;
- отсутствие заземления;
- замыкания;
- статическое напряжение.

Электробезопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий:

1. Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия;

2. Ограждения токоведущих частей;

3. Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;

4. Применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

5. Применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;

6. Использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

Для контроля предельно допустимых значений напряжений прикосновения и токов измеряют напряжения и токи в местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. Класс точности измерительных приборов не ниже 2,5.

Лабораторные помещения должны соответствовать требованиям электробезопасности при работе с электроустановками по ГОСТ 12.1.019–79:

1. Электрооборудование (оборудование и механизмы) с напряжением свыше 36 В, должны быть надежно заземлены.

2. Чтобы отключить электросети, должны быть рубильники или другие доступные устройства. Отключение всей сети, за исключением дежурного освещения производится общим рубильником.

В целях предотвращения электротравматизма запрещается:

1. работать на неисправных электрических приборах и установках;

2. перегружать электросеть;

3. переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы;

4. работать вблизи открытых частей электроустановок, прикасаться к ним;

5. загромождать подходы к электрическим устройствам.

6. О всех обнаруженных дефектах в изоляции проводов, неисправности рубильников, штепсельных вилок, розеток, а также заземления и ограждений следует немедленно сообщить электрику.

7. В случае перерыва в подаче электроэнергии электроприборы должны быть немедленно выключены.

8. Запрещается использование в пределах одного рабочего места электроприборов класса «0» и заземленного электрооборудования.

9. Категорически запрещается прикасаться к корпусу поврежденного прибора или токоведущим частям с нарушенной изоляцией и одновременно к заземленному оборудованию (другой прибор с исправным заземлением, водопроводные трубы, отопительные батареи), либо прикасаться к поврежденному прибору, стоя на влажном полу.

10. При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроприбор, которого касается пострадавший. Отключение производится с помощью отключателя или рубильника.

11. При невозможности быстрого отключения электроприбора необходимо освободить пострадавшего от токоведущих частей деревянным или другим не проводящим ток предметом источник поражения.

12. Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача [17].

4.4 Пожарная безопасность

Лабораторные помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004 – 91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009 – 83.

1. Рабочее место в лаборатории должно быть оснащено пожарными кранами с рукавами. На каждом рабочем месте должны быть огнетушители и

песок, а в помещениях с огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами – дополнительные средства пожаротушения.

2. В лаборатории должен быть вывешен план эвакуации сотрудников в случае возникновения пожара.

3. Распоряжением по лаборатории из числа сотрудников назначается группа (3–5 человек), организующая все противопожарные мероприятия, получив инструктаж местной пожарной команды.

4. Все сотрудники лаборатории должны быть обучены правилам обращения с огне – и взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также должны уметь обращаться с противогазом, огнетушителем и другими средствами пожаротушения, которые находятся в лаборатории.

5. В помещениях лаборатории и в непосредственной близости от них (в коридорах, под лестницами) запрещается хранить горючие материалы и устанавливать предметы, загромождающие проходы и доступ к средствам пожаротушения.

6. Курить разрешается только в отведенном и оборудованном для этой цели месте.

7. Без разрешения начальника лаборатории и лица, ответственного за противопожарные мероприятия, запрещается установка лабораторных и нагревательных приборов, пуск их в эксплуатацию, переделка электропроводки.

8. Все нагревательные приборы должны быть установлены на термоизолирующих подставках.

9. Запрещается эксплуатация неисправных лабораторных и нагревательных приборов.

10. После окончания работы необходимо отключить электроэнергию, газ и воду во всех помещениях.

11. Каждый сотрудник лаборатории, заметивший пожар, задымление или другие признаки пожара обязан:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону;

- принять меры по ограничению распространения огня и ликвидации пожара;
- поставить в известность начальника лаборатории, который в свою очередь должен известить сотрудников, принять меры к их эвакуации и ликвидации пожара.

Для ликвидации небольших очагов пожара на территории объекта имеются первичные средства тушения пожара – огнетушители, ящики с песком, асбестовые одеяла (кошмы), паротушение [18].

4.5 Охрана окружающей среды

Вредное воздействие предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности распространяется, главным образом, на водные бассейны и атмосферу. Эта промышленность относится к наиболее водоемким отраслям народного хозяйства. По объектам водопотребления её опережает лишь энергетика, металлургическая, химическая промышленность и коммунальное хозяйство [18].

Для борьбы с загрязнением атмосферы на каталитической установке применяют следующие меры:

- воздух, с компрессорных установок проходит очистку в центробежных циклонах, после чего сбрасывается в атмосферу;
- газы, которые не могут быть использованы в дальнейшем для переработки подаются на факельную установку;
- совершенствование производства и создания новых технологий (например, безотходная технология для совместного получения АИ – 93 и А – 76), переход на производство неэтилированного бензина, уменьшение ароматических углеводородов в бензине:
- каталитический дожиг выбросов [19].

- использование котлов утилизаторов для использования тепла отходящих газов с цель снижения теплового загрязнения атмосферы.
- сооружения линий аварийных сбросов давления в факельную линию.

Воздействие на гидросферу отсутствует, так как слив вредных веществ отсутствует. Воздействие на литосферу отсутствует, так как выброс твердых остатков отсутствует.

4.6 Защита в чрезвычайных ситуациях

Химический взрыв – это взрыв, который возникает ввиду протекания химической реакции, обусловленный значительной разрушительной мощностью и поражающей способностью. Химический взрыв может являться причиной пожара.

К химическому взрыву могут привести следующие действия:

1. Смешивание перекиси водорода с альдегидами и кетонами в присутствии даже микропримесей кислот приводит к образованию высокочувствительных перекисей. При перегонке раствора, а также при ударе колбы об стол, может возникнуть химический взрыв.

2. При хранении простых эфиров в них накапливаются перекисные соединения обладающие взрывчатыми свойствами (особенно опасны эфиры имеющие атом водорода в альфа – положении). Перегонка таких эфиров может привести к взрыву.

3. Сушка любых галогеналканов (в том числе и фреонов) натрием может привести к взрыву. Состав взрывчатых веществ не известен, но иногда взрыв происходит после некоторого индукционного периода.

4. Работа с хлорной кислотой в присутствии органических веществ должна вестись с осторожностью, так как многие смеси с хлорной кислотой и органические перхлораты взрывчаты. Смешивание хлорной кислоты с диметилсульфоксидом дает немедленный взрыв.

5. Многие забывают, что при смешивании перманганата калия с концентрированной серной кислотой образуется семиокись марганца, которая взрывает при нагревании или соприкосновении с органическими веществами.

6. Смеси любых восстанавливающих веществ с сухими окислителями, такими как перманганат калия, хлораты, перхлораты, броматы, иодаты, периодаты потенциально взрывоопасны и обращатся с ними нужно с осторожностью.

7. Смешивание тетранитрометана с органическими веществами дает очень чувствительные смеси.

8. Работа со взрывчатыми веществами.

9. Хранение вместе растворов аммиака и иода, может привести к образованию на сосудах черного осадка черезвычайно чувствительного взрывчатого иодистого азота.

10. Длительное хранение аммиачных растворов солей серебра может привести к выпадению очень взрывчатого (даже под слоем воды) черного осадка нитрида серебра.

11. Хранение кислот в металлических емкостях или пролив их на металлические поверхности приводит к выделению водорода. В замкнутом объеме может накопиться взрывоопасная концентрация. Также опасно хранить щелочи рядом с металлами амфотерного характера (алюминий, цинк).

12. Смешивание пероксидных соединений с солями переходных металлов может спровоцировать взрыв из-за каталитического ускорения разложения перекисей.

13. Смешивание солей аммония и гидразина с солями, содержащими анион – окислитель. При этом могут образовыватсясильновзрывчатые соли (к ним например относятся, хлорат и перманганат аммония, нитрат, хлорат, перхлорат гидразина и т.д.).

14. Растворы азидов и пикратов с тяжелыми металлами могут дать очень чувствительные к удару и трению соли. Также не допускается слив солей азидов в канализацию, вследствие возможности образования в трубах азида железа.

Физический взрыв – это взрыв, который возникает ввиду повышенного разрушения емкостей или из-за быстрого выделения тепла в какой – либо точке, обусловленный меньшей мощностью, чем химический взрыв.

К физическому взрыву могут привести следующие действия:

1. Кипячение реакционной смеси или реакции с выделением газа в герметичной системе.

2. Приливание легкокипящей жидкости в систему с температурой выше ее точки кипения. При этом жидкость моментально превращается в пар и установку может разорвать давлением паров.

3. Работа со сжиженными газами в полностью герметичной системе не расчитанной на высокое давление.

4. Работа с солями плутония должна проводится так, чтоб не произошло накопление критической массы (500 г) в любой емкости.

Пожар – неконтролируемое возгорание в лаборатории. Может привести к полному уничтожению всей лаборатории.

К пожару могут привести следующие действия:

1. Термическое лопание колбы с легковоспламеняющимися жидкостями. Для локализации очага пожара рекомендуется под установку с колбой заранее помещать металлический поддон с загнутыми краями.

2. Смешивание веществ дающих экзотермическую реакцию с воспламеняющимися материалами. Были случаи возгорания смесей сульфата меди с железом и опилками, негашенной извести с опилками или углем и т.д.

3. Работа с очень легковоспламеняющимися жидкостями (диэтиловый эфир, сероуглерод) и горючими газами если в помещении находятся источники с открытым пламенем или сильнонагретые предметы. Есть также

мнение, что работа с эфиром на открытом пламени более безопасна, вследствие того, что нет риска образования больших объемов паровоздушной смеси.

4. Работа с щелочными, щелочноземельными металлами, их гидридами, ацетиленидами, а также с металлорганическими веществами содержащими щелочные, щелочноземельные металлы, алюминий должна проводится в отсутствии влаги.

Термические ожоги.

Термический ожог – воздействие на кожу сильнонагретых материалов.

Ситуации, которые могут привести к термическому ожогу:

1. Работа с нагревательными приборами. Следует помнить старое правило: "горячая пробирка выглядит также как и холодная".

Отравление.

Отравление – попадание в организм токсичного вещества.

Ситуации, которые могут привести к отравлению:

1. Потребление пищи в лаборатории. Уже много пострадавших.

2. Со всеми новыми веществами следует обращатся очень осторожно, так как они могут оказатся неожиданно сильнотоксичными.

3. Работа с высокотоксичными веществами требует внимательности и осторожности.

4. Растворение брома в ацетоне или других кетонах. Реакция протекает очень активно после индукционного периода и приводит к сильнораздражающим (слезоточивым) бромкетонам.

5. Следует помнить, что растворение активных металлов (в том числе и цинка) в достаточно концентрированнной серной кислоте часто происходит с выделением сероводорода. Растворение любых металлов в азотной кислоте происходит с выделением окислов азота [20].

Противопожарная защита

В целях обеспечения надежности и безопасности работы, предусматривается ряд мероприятий, обеспечивающих безопасное ведение технологического процесса:

- герметичность арматуры оборудования и трубопроводов;
- автоматический контроль технологического процесса со щита в операторной;
- закрытая система сбросов на факел и дренирования подтоварной воды, что позволяет предотвратить загазованность участка, тем самым уменьшить вероятность пожара и взрыва;
- система аварийного освобождения аппаратов и трубопроводов, а также освобождение их от продуктов перед ремонтом;
- оснащение процесса средствами противоаварийной защиты, предупреждающими об отклонениях от норм технологического режима, исключающими возможность выбросов продуктов через предохранительные клапаны;
- система продувки инертным газом и паром аппаратов и трубопроводов перед ремонтом и пуском в работу;
- к оборудованию, размещенному на открытой площадке, обеспечены подъезды пожарной техники, между парками выполнены противопожарные разрывы;
- наружное пожаротушение обеспечивается от системы пожарного водоснабжения;
- выполнена защита зданий, сооружений, аппаратов, оборудования и трубопроводов от вторичных проявлений молний и статического электричества;
- предотвращение взрывов в помещениях с нормальной средой, вследствие проникновения горючих газов и паров, обеспечивается приточными и вытяжными вентиляционными системами;

- резервуарные парки укомплектованы первичными средствами пожаротушения.

Средства пожаротушения

Вода – наиболее доступное средство для тушения пожаров в лаборатории. Для тушения небольших очагов пламени можно взять воду из ближайшего водопроводного крана. При необходимости подачи большого количества воды в зону очага горения пользуются внутренним пожарным водопроводом (пожарный кран). Вода применяется для тушения твердых горючих материалов – дерева, бумаги, резины, тканей, одежды, а также хорошо растворяющихся в воде горючих жидкостей – ацетона, низших спиртов, органических кислот. Эффективность тушения пожара водой повышается при подаче ее в зону горения в виде распыленных струй. Водой нельзя тушить электрооборудование и электропроводку, находящиеся под напряжением, вещества способные вступить с водой в химическую реакцию.

1. Асбестовое полотно – применяют для тушения веществ и материалов, горение которых не может происходить без доступа воздуха, но только в тех случаях, когда площадь горения не велика.

2. Сухой песок – рекомендуется применять при загорании небольших количеств ГЖ, ЛВЖ и твердых веществ, в том числе тех, которые нельзя тушить водой. В соответствии с нормами противопожарной безопасности, наличие песка обязательно в каждом лабораторном помещении. Песок хранят в ящиках, снабженных совком.

3. Для тушения твердых и жидких веществ, не вступающих во взаимодействие с водой, и в первую очередь – для тушения нефтепродуктов в лаборатории можно использовать воздушно – пенные огнетушители ОВП – 10.

Порошковые огнетушители (ОП – 5, ОП – 10) являются одними из самых эффективных средств пожаротушения. Они не повреждают оборудование, нетоксичны и неэлектропроводные и предназначены для тушения твердых

веществ, жидких веществ (в том числе ГЖ и ЛВЖ), газообразных веществ, электропроводов и электрооборудования, находящихся под напряжением до 1000 вольт.

4.7 Правовые вопросы обеспечения безопасности

При выполнении научно – исследовательской работы необходимо следовать требованиям трудового кодекса РФ.

Согласно [21] , необходимо проводить обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

Проект перечня национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимо использовать средства индивидуальной защиты [22].

Во избежание несчастных случаев, следует проводить обучение и проверять знания работников [23].

Заключение

В ходе работы было проведено исследование поверхностей ультрадисперсных порошков, полученных в Институте физики высоких технологий при помощи метода электрического взрыва проводника для трех образцов (Fe(CO), Fe(CO_2), Fe(N)). Данный метод позволяет получать мелкие частицы заданного состава, которые обладают высокой удельной поверхностью, многоуровневую организацию структуры и значительные запасы свободной энергии. В результате исследований было выявлено, что образец, полученный в среде оксида углерода целесообразно использовать для синтеза Фишера – Тропша, так как он обладает оптимальными характеристиками:

- развитая удельная поверхность – $S_{уд}$ = 8,03 $м^2$/ г;
- большее число активных фаз железа (оксид, карбид, α-Fe) – 93,5 % в образце;
- парамагнитность образца: наличие неспаренных электронов – $1{,}162 \cdot 10^{16}$.

Лабораторный опыт был проведен на образце Fe (CO). В результате была получена смесь бензиновой и керосиновой фракции, в которой преобладают такие группы углеводородов, как парафины, изопарафины и олефины, с содержанием 54,6 % мас., 17,6 % мас., 13 % мас. соответственно.

Смесь полученных углеводородов подвергается очистке и фракционированию с целью получения целевого продукта – синтетического бензина или его высокооктановых компонентов.

Список литературы

1. http://www.chem.msu.su/rus/jvho/2000-1/43.pdf – свободный доступ
2. Пахомов Н.А. Научные основы приготовления катализаторов: введение в теорию и практику. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2011. С.34 – 39
3. Левашова А.И., Дубинин В.И., Юрьев Е.М. Электровзрывные порошки на основе железа как катализатор синтеза углеводородов из CO и H_2 // Фундаментальные исследования. 2013 №8. С. 649.
4. Мордкович В.З. Прошлое, настоящие и будущее GTL // Химия и жизнь. 2007 №8
5. Лапидус А.Л. Влияние способа конверсии природного газа на показатели производства углеводородов по методу Фишера – Тропша // Катализаторы и каталитические процессы, № 7, 2009. С. 816.
6. Хаджиев С.Н., Лядов А.С., Крылова М.В. Синтез Фишера – Тропша в трехфазной системе с наноразмерными частицами железного катализатора // Нефтехимия, том 51, №1, 2011. С. 2532
7. J. Holgren, C. Glosling, G. Marinangell, T. Marker, G. Faraci, C. Perego Новые разработки в области возобновляемых топлив // Нефтегазовыетехнологии. №1. 2008. С.7886.
8. Бабушкин Ю.А. Высокоэнергетические методы получения ультрадисперсных и наноматериалов: конспект лекций.– Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 229 с.
9. Лернер М. И. Технология получения, характеристики и некоторые области применения электровзрывных нанопорошков металлов // Российские нанотехнологии, том 4, № 1112, 2009. – С. 56 – 68
10. А. И. Гусев, А. А. Рempель. Нанокристиллические материалы. Москва: Физматлит. – 2000. – 224 с.

11. А. И. Русев. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. 2 – издание – Москва: Физматлит. – 2007. – 416 с.

12. А. А. Рempель. Нанотехнологии, свойства и применение наноструктурированных материалов // Успехи химии, № 76, 2007. –с.17

13. Popok E.V., Levashova A.I., Chekantsev N.V., Kirgina M.V., Rafegerst K.V. Ultradispersed Hydrocarbon Synthesis Catalyst from CO and H2 Based on Electroexplosion of Iron Powder // Procedia Chemistry, №10, 2014. – с.20 – 24

14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно – методическое пособие / Н.А. Гаврикова, И.Г.Видяев, Г.Н. Серикова; Томский политехнический университет. − Томск: Издательство Томского политехнического университета. – 2014. – 73

15. Кукин П. П., Лапин В. Л., Пономарев Н. Л., Сердюк Н. И. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. Пособие для вузов. – 5-е изд., стер. М.: Высш. Шк., 2009. – 335 с.

16. Воронкова Л.Б. Охранатрудавнефтехимическойпромышленности: учеб.пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Л. Б.Воронкова, Е.Н. Тароева. — 2'е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.

17. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

18. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N123 – ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс].– Режим доступа www.URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148963/

19. ГОСТ 25543–2013. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам.– [Электронный ресурс].– Режим доступа www.URL: http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/

20. Приказ Министерства здравоохраниения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа www.URL: http://www.rg.ru/2011/10/28/medosmotr-dok.html

21. Технический регламент от 24 декабря 2009 г. О безопасности средств индивидуальной защиты [Электронный ресурс]. Режим доступа www.URL: http://www.rg.ru/2010/03/30/tehreg-site-dok.html

22. ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда [Текст]. –введ. 01.07.1991.– М.: Стандартинформ, –2010. – 16 с.

23. Бородин Ю. В., Извеков В. Н., Плахов А. М. Расчет искусственного освещения: методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность». – 2004. – 11 с.